

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Jussi Rantakangas

Siirreltävä kalankuivaamo

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014

**OPINNÄYTETYÖ****Toukokuu 2014****Kone- ja tuotantotekniikan koulutus-
ohjelma**

Karjalankatu 3

80200 JOENSUU

+358 50 260 6800

Tekijä(t)

Jussi Rantakangas

Nimeke

Siirreltävä kalankuivaamo ja kokoonpanokuvat

Toimeksiantaja

Eswecom Oy/ Carl Johan Nylander

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Eswecom Oy:n toivomusten ja vaatimusten pohjalta prototyyppi siirreltävästä kalankuivaamosta. Laitteen suunnittelun apuna käytettiin paljolti jo olemassa olevaa kuivaamoja. Toimeksiantajan kokemus kalankuivauksesta oli myös suureksi avuksi.

Kuivaamon sisätilojen suunnittelun apuna käytettiin vaatimuslistaa, jonka avulla saatiin hyvin listattua vaaditut ominaisuudet. Vaatimuslista laadittiin yhdessä toimeksiantajan kanssa. Tarkoituksena oli tehdä tehokkaampi ja nopeampi kuivaamo kuin tällä hetkellä käytössä oleva. Kuivaamon energianlähde tuli vaihtaa hakkeesta öljyyn. Kuivaamon suunnittelu ja valmistuskuvat tehtiin 3D-suunnitteluohjelmalla Creo 2.0. Prototyypin kokoonpanokuvat liitettiin työn loppuun.

Vaatimuslista on osa VDI 2222 systemaattista suunnittelumetodia. Metodista ei kuitenkaan käytetty muita sen osa-alueita, vaan ne rajattiin työn ulkopuolella. Opinnäytetyön tuloksena saatiin valmis kokonaisuus kalankuivaamosta. Kuivaamolle laskettiin ihannetilanteessa toteutuvat kuivausajat ja energiankulutus. Kuivaamolle tulee kuitenkin tehdä testauksia ennen käyttöönottoa. Testausvaihe toteutetaan vasta tämän opinnäytetyön jälkeen.

Tulevaisuudessa tulee ottaa huomioon ulkoilman vaikutus kuivauksen kestoon ja lopputuotteen laatuun. Testausvaiheessa tulee erityisesti kiinnittää huomiota tarvitaanko ilman kierrättämistä. Kierrättämisellä ilmaa kuivauksen loppuvaiheessa voitaisiin tehdä merkittäviä säästöjä energiankulutuksessa. Automaation käyttöönottoa tulee myös miettiä kuivauksen säätämisen helpottamiseksi.

Kieli

suomi

Sivuja 83**Liitteet 6****Liitesivumäärä 14****Asiasanat**

kuivaus, rehut, tuotekehitys



THESIS
May 2014
**Degree Programme in mechanical and
production engineering**
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
+358 50 260 6800

Author(s)
Jussi Rantakangas

Title
Mobile Fish Drying Machine and Assembly Drawings

Commissioned by
Eswecom LTD/ Carl Johan Nylander

Abstract

The aim of this thesis was to design a prototype for a mobile fish drying machine based on the requirements of the commissioner, Eswecom Ltd. The current fish dryer used by the company was also used to support the designing of the machine. The experience of the commissioner regarding fish drying was also very helpful in the process.

When designing the internal space of the dryer, a requirement list was used. With the help of the list written in cooperation with the commissioner, it was easy to plan the features required in designing. The aim was to create a more efficient and faster dryer compared to the one being used at the moment by the company. The energy source of the dryer was to be changed from woodchips to oil. The design and the engineer drawings were drafted with the Creo 2.0 3D design program. The assembly drawings of the prototype were attached to the end of the thesis.

The requirement list is a part of VDI 2222 systematic method of design. Other sections of this method, however, were not used as they were excluded from this thesis. As a result, a finished design of a fish dryer was created. Moreover, the drying times and energy consumption in an ideal situation were calculated. However, the fish dryer should be properly tested before the launch of this machine. The testing of the machine will take place after this thesis has been completed.

In the future the effect of weather conditions should be considered regarding the quality of the end product and the time required in order to dry the product properly. In addition, the possible need of circulating air has to be also taken into account during the testing phase. By circulating the air during the final phase of drying, notable savings in energy consumptions can be achieved. The launch of automation should also be considered in order to make the controlling of different drying process features easier.

Language
Finnish

Pages 83
Appendices 6
Pages of Appendices 14

Keywords
drying, feed, product development

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	6
1.1	Tehtävän kuvaus	6
1.2	Toimeksiantajan kuvaus	6
2	Taustaa kuivaamosta	8
2.1	Rehu	8
2.2	Vaatimukset kuivaamolle	8
2.3	Pilaantuminen	8
2.4	Yritysvierailu	9
2.5	Tilan määrittäminen	9
2.6	Materiaalinvalintaprosessi	10
2.7	Desinfiointi	11
2.8	Lujuuslaskenta	11
2.9	Haponkestävän teräksen hitsaus	11
2.10	Vaatimuslista	12
3	Kuivauksen pohjatiedot	13
3.1	Kuivaus	13
3.2	Kuivuminen	13
3.3	Kuivausmenetelmiä	14
3.3.1	Kaappikuivuri	14
3.3.2	Ilmakuivaus	15
3.3.3	Aurinkokuivaus	15
3.3.4	Lavakuivuri	15
3.3.5	Jatkuvatoimiset kuivurit	16
3.4	Ilman ominaisuuksia	17
3.5	Ilman vedensitomiskyky	18
3.6	Kuivauksen nopeus	20
4	Kuivauksen suunnittelu	21
4.1	Toimintaperiaate	21
4.2	Kuivausmenetelmän valinta	21
4.3	Kontin määrittäminen	22
4.4	Lämmenilmakehitin	23
4.4.1	Lämmittimen rajoitukset	24
4.4.2	Sijoittamista rajoittavat tekijät	25
4.4.3	Polttoöljy	25
4.4.4	Öljysäiliö	27
4.5	Tuloputken määrittäminen	27
4.6	Poistoputken määrittäminen	32
4.7	Kuivausajan määrittäminen	34
4.8	Tehon tarve	39
4.9	Ilman kierrättäminen	40
4.10	Energiankulutus	42
5	Sisätilan suunnittelu	44
5.1	Vaatimuslistan laadinta	44
5.2	Kuivaamon materiaalit	45
5.3	Hitsien määrittäminen	46
5.4	Kuivaamon sisätilat	48
5.4.1	Rungon lujuuslaskenta	49

5.4.2	Lopullinen runko	53
5.4.3	Muita runkovaihtoehtoja	54
5.4.4	Ohjauslevyt	56
5.5	Rullakon suunnittelu	57
5.5.1	Laatikon korkeuden määrittäminen	57
5.5.2	Pohjarungon kestävyys	59
5.5.3	Kalalaatikon laskut	61
5.5.4	Reikälevyn laskeminen	64
5.5.5	Korvakon laskeminen	67
5.5.6	Lopullinen rullakko	69
5.5.7	Muut rullakkovaihtoehdot	71
5.6	Akselin suunnittelu	72
5.6.1	Akselin lujuuslaskenta	73
5.6.2	Lopullinen akseli	73
5.7	Lopullinen kuivaamo	74
6	Yhteenveto	77
6.1	Projektin toteutus	77
6.2	Kehitysideat	78
6.3	Ammatillinen kasvu	79
	Lähteet	81

Liitteet

Liite 1	Mepun EKI 120s tekniset tiedot
Liite 2	Veden höyrystymisenergian tarkat arvot
Liite 3	Haponkestävän teräksen myötöraja
Liite 4	Haponkestävän teräksen tekniset tiedot
Liite 5	Polyamidin tekniset tiedot
Liite 6	Kuivaamon kokoonpanokuvat

1 Johdanto

1.1 Tehtävän kuvaus

Kalankuivaus on harvinainen elinkeino Suomessa. Suomessa on tällä hetkellä yksi toimiva kalankuivaamo ja se sijaitsee Outokummussa (Nylander 2014). Eswecom Oy on toiminut vuodesta 2010 alkaen kalankuivauksen parissa. Eswecom Oy tuotantomääriä olisi tarkoitus kasvattaa ja kehittää uusi siirrettävä kuivaamo, joka olisi tehokkaampi ja nopeampi kuin vanha malli. Nykyinen kuivain toimii hakkeella, mutta tarkoitus olisi siirtyä käyttämään polttoöljyä.

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella prototyyppi siirrettävästä kalankuivaamosta ja sen sisälle tulevasta rungosta ja rungon päälle tulevista rullakoista toimeksiantajan vaatimusten ja tarpeiden mukaisesti. Kuivaamolla tullaan kuivaamaan kalaa eläinten rehuksi, tässä tapauksessa lemmikkieläimille. Tällä hetkellä kuivauserän koko on 100–150 kg yhdellä kuivauskerralla. Suunnittelun lähtökohta oli, että tuotantomäärää nostettaisiin 100 %, jolloin yhdellä kuivauskerralla voitaisiin kuivata noin 200–300 kg. Kuivauksen kesto vaihtelee kalan koosta riippuen aina yhdestä päivästä kahteen päivään (Nylander 2014).

Laitteiston testausta ei tässä opinnäytetyössä tulla käsittelemään. Kuivaamo tullaan rakentamaan tämän opinnäytetyön jälkeen. Näin ollen kuivaamon toimivuus testataan myöhemmin.

1.2 Toimeksiantajan kuvaus

Toimeksiantajana toimii outokumpulainen yritys Eswecom Oy. Yritys perustettiin vuonna 1995 ja toimitusjohtajana toimii yrityksen perustaja Carl Johan Nylander. Yrityksen henkilökuntaan kuuluu tällä hetkellä 20 työntekijää, joista kolme on vakinaisia työntekijöitä ja muut vuokratyövoimaa. Yritysmuoto on osakeyhtiö. Yritys tuottaa tällä hetkellä rehua eli kuivattua kalaa lemmikkieläimille. Kalan yritys saa kalalaitoksilta, joissa kala jää sivutuotteeksi. Eswecom hyödyntää sivutuotteeksi jääneen pienen mui-

kun ja kuoreen kuivaamalla sen eläinten rehuksi. Eswecom Oy:n tuotteita on saatavilla tällä hetkellä ympäri Suomea. (Nylander 2014.)

2 Taustaa kuivaamosta

2.1 Rehu

Rehulla tarkoitetaan tuotetta, joka soveltuu tuotantoeläinten, lemmikkieläinten ja luononeläinten ruokintaan. Elintarviketuotannossa syntyy sivutuotetta, jota ei voida käyttää ihmisravinnoksi. Se voidaan kuitenkin hyödyntää eläinten rehuna. (Evira 2014.)

2.2 Vaatimukset kuivaamolle

Eläinten rehua valmistavien laitosten toimintaa säätelee EU-lainsäädäntö, rehulaki 86/2008, rehuhygieniasetus 183/2005, sivutuoteasetus 1774/2002 ja toimeenpanoasetus 850/2005. Evira (Elintarviketurvallisuusvirasto) hyväksyy ja tarkastaa Suomessa eläinten rehua valmistavat laitokset. Evira tarkastaa muun muassa rehunvalmistukseen käytettävät tilat, laitteet ja rehun valmistusprosessin. Laitoksella tulee olla myös oma valvontasuunnitelma, vaatimukset täyttävät pakkausmerkinnät ja tuoteselosteet. (Saarela, Hyvönen, Määttä, von Wright, Aho, Ahvenainen-Rantala, Halmetoja, Hannukainen, Helén, Hautaniemi, Huttunen, Häggman, Joutsen, Kriikku-Kalaja, Kallio, Lapveteläinen, Lastikka, Latva-Koivisto, Leino, Manninen, Martikainen, Matilainen, Muje, Mykkänen, Mäentausta, Niemistö, Niemelä, Niemelä, Paatero, Saikkonen, Saleva-Sjöblom, Tapaila, Vesala & Voutila 2010, 240.)

2.3 Pilaantuminen

Tuoreen kalan pilaantumiseen vaikuttavat voimakkaasti mikrobit sekä entsymaattiset ja kemialliset reaktiot. Pilaantumiseen vaikuttavat kalojen korkea vesipitoisuus, joka on noin 75 % (todettu mittaamalla tuoreesta muikusta), neutraali pH ja kudosten korkea autolyyttisten entsyymien määrä. (Lyijynen, Randell, Hattula & Ahvenainen 1997, 10.) Tuotteesta siis poistuu kosteutta, mikä vähentää tai poistaa kokonaan mikrobien kasvun (Saarela 2010, 293). Tuotteen loppukosteuden tulee olla noin 4 %. Tällöin kalalle voidaan luvata ainakin vuoden säilyvyys. (Nylander 2014.)

2.4 Yritysvierailu

Kävimme toimeksiantajan kanssa vierailemassa Liperissä kalatukku H. Malinen Oy:ssä. Yritys valmistaa kalatuotteita elintarvike käyttöön. Vierailussa tuli hyvin selville, kuinka tarkkaa materiaalien valinnat, sisätilojen siisteys ja laitteiden desinfiointi ovat. Kuivaamo Malinen on myös suunnitellut, koska kalasta jää todella paljon hukkaa: esimerkiksi kalan pää, selkäranka (johon jää paljon myös lihaa) ja kalan nahka (kuva 1.) Vuodessa pelkästään H. Malinen Oy:stä kalaa jää noin 100 tonnia hukkaan. Malinen onkin suunnitellut kuivaamo, missä hukkakalan voisi jauhaa ja tämän jälkeen puristaa kiinteäksi. Kiinteä pala voitaisiin kuivata ja siitä saataisiin eläinrehua. Ongelmana on kuitenkin, että rehun valmistusta ei voida toteuttaa samoissa tiloissa kuin elintarviketuotteen valmistusta. (Malinen 2014.)



Kuva 1 . Perkuujätteet H Malinen OY kahden päivän ajalta (Malinen 2014).

2.5 Tilan määrittäminen

Kuivaamo tullaan sijoittamaan näillä näkymin Juukaan, mihin on suunnitteilla laajempi kuivauspiste. Kuivaamon sisätilojen tulee täyttää kalankäsittelytilan ominaiset piirteet. Kalan käsittelytilaa valvotaan Eviran toimesta. Kalankäsittelytilan täytyy antaa kalan käsittelylle riittävä suojaa ulkoisilta hygienialta huonontavilta olosuhteilta, kuten tuuli,

pöly, sade tai lintujen ulosteet. Tilan seinien, katon ja lattian tulee olla ehjiä ja niiden tulee olla helposti puhdistettavissa. Hygienian kannalta on tärkeää, että kuivaamon materiaalit ovat helppo puhdistaa ja desinfioida, ne ovat sileitä sekä ne on valmistettu ruostumattomasta materiaalista. Myös pintojen kunnosta tulee huolehtia. Tilassa ei tule säilyttää mitään epäpuhtauksia, jotka voivat vaikuttaa kalan laatuun. Esimerkiksi polttoaineita, öljyjä tai rasvoja ei tulisi säilyttää samassa tilassa. (Rahkio & Mustalahti 2012.)

Rullakoiden tulee myös täyttää vaatimukset, ne tulee olla helposti puhdistettavissa ja materiaalina tulee käyttää elintarvikehyväksyttyjä materiaaleja. Laitteiden tulee myös olla ehjiä. (Rahkio & Mustalahti 2012.)

2.6 Materiaalinvalintaprosessi

Lopullisen tuotteen suorituskykyyn vaikuttaa olennaisesti materiaalin valinta. Rakenteiden sopivalla suunnittelulla ja muotoilulla vaikutetaan pitkälti laitteen kestävyYTEEN. Materiaalin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa suurilta osin sillä, miten tuotteet valmistetaan. Todella harvoin tuotteen suorituskykyyn vaikuttaa vain yksi tekijä. (Airila, Ekman, Hautala, Kivioja, Kleimola, Martikka, Miettinen, Niemi, Ranta, Rinkinen, Salonen, Verho, Vilenius & Välimaa 1995, 99–100.)

Materiaalivalinnan vaikeus ilmenee siinä, että hyvin harvoin on saatavilla yksityiskohdaisia materiaaliarvoja ja toisaalta taas rakenteelle asetetut vaatimukset saattavat olla ristiriitaisia. Materiaalinvalintatehtäviä on kahta perustyyppiä: materiaalinvalinta uuteen tuotteeseen sekä vanhan tuotteen parantelu ja täten kustannusten pienentäminen. Materiaalin valinta toteutetaan pitkälti sen teknisten ominaisuuksien pohjalta. (Airila ym. 1995, 99–100.)

2.7 Desinfiointi

Tuotetilojen ja materiaalien pinnat tulee olla helppo puhdistaa ja desinfioida. Merikontin sisältö tulee olla desinfioitavissa, koska kuivaamisen yhteydessä merikontin pinnoille voi jäädä kosteutta, joka muodostaa hometta. Rehun valmistuksessa voidaan hyödyntää elintarviketeollisuuden käytäntöjä. Elintarviketeollisuudessa käytetään desinfiointiainetta, joka tappaa bakteerit ja mikrobit. Desinfiointiaineissa on eri vahvuusluokituksia. Kalatukkuvierailun yhteydessä Hannu Malinen esitteli meille muutaman eri desinfiointiaineen: hieman laimeampi aine on Ecolab Oy:n P3- topax® 30, jolla hoidetaan yleinen puhdistus, ja voimakkaaseen pesuun ja mikrobien poistamiseen Malinen käytti P3-topax® 66- desinfiointiainetta. (Malinen 2014.)

2.8 Lujuuslaskenta

Laitteelta edellytetään tiettyä käyttöikää. Käyttöiän määrittää pitkälti laitteen käyttötarkoitus ja kohde mihin sitä käytetään. Lujuuksien laskennalla pyritään vaikuttamaan ja ennakoimaan mekaanista käyttäytymistä rakenteissa tietyssä kuormituksessa. Keskeinen ajatus on, että laskettaessa ajatellaan voiman kohdistuvan abstraktiseen malliin eikä niinkään oikeaan rakenteeseen. Laskettaessa oletetaan usein esimerkiksi palkit täysin suoriksi, ristikoiden nivelet kitkattomiksi jne. Laskujen tarkoitus onkin selvittää rakenteen mekaanista käyttäytymistä. Tulee kuitenkin tilanteita joissa laite saattaa vaurioitua, vaikka laskennat olisivatkin tehty mielestään oikein. Aina mallit eivät kuitenkaan simuloi täysin todellista rakennetta. (Airila ym. 1995, 9–10.)

2.9 Haponkestävän teräksen hitsaus

Haponkestävää austeniittistä terästä hitsattaessa tulee huomioda se, että teräksen lämpölaajenemiskerroin on 50 % suurempi kuin seostamattomilla teräksillä. Lämmönjohtavuus on taas 60 % pienempi kuin seostamattomilla teräksillä. Tästä johtuu mm. hitsausalueen hitaampi jäähtyminen. Ruostumattoman teräksen hitsauksessa syntyneet hitsausjännitykset ovat pistemäisiä ja niiden aiheuttamat muodonmuutokset ovat selkeästi suu-

rempia kuin seostamattomilla teräksillä johtuen niiden fysikaalisista ominaisuuksista. (Lepola & Makkonen 1998, 243–249.)

Ominaisvastus ruostumattomilla teräksillä on 5–7 kertaa suurempi kuin seostamattomilla teräksillä, tämä johtaa siihen että samalla hitsausvirralla syntyy enemmän lämpöä. Ruostumattomien terästen hitsauspuikkojen virransietokyky on huono, joten ne tulee valmistaa lyhyemmiksi kuin seostamattomien terästen puikot. (Lepola & Makkonen 1998, 243–249.)

Sulamispiste ruostumattomilla teräksillä on noin 100 °C alhaisempi kuin seostamattomilla teräksillä. Sulana oleva ruostumaton teräs on myös hieman juoksevämpää kuin seostamaton teräs. (Lepola & Makkonen 1998, 243–249.)

2.10 Vaatimuslista

Vaatimuslistaan listataan kaikki vaatimukset ja toivomukset, jotka halutaan toteuttaa. Myöhemmin vaatimuslistaa voidaan käyttää perustana arvostelulle ja päätöksenteolle. Vaatimukset luokitellaan kolmeen eri luokkaan. Ensimmäinen vaatimusluokka on kiinteät vaatimukset (KV), jotka on täytettävä kaikissa tilanteissa. Toisena ovat vähimmäisvaatimukset (VV), jotka on täytettävä tiettyyn vähimmäisarvoonsa asti. Vähimmäisvaatimusten ylittäminen on toivottua. Viimeisenä vaatimusluokkana ovat toivomukset (T). Toivomukset täytetään, jos se on mahdollista. Toivomuksilla on ominaista myös se, että se aiheuttaa lisäkustannuksia. (Tuomaala 1995, 80.)

Vaatimuslista on osa koneensuunnittelussa käytettyä systemaattista suunnittelumetodia VDI 2222 (Tuomaala 1995, 75, 80). Opinnäytetyön laajuuden rajaamiseksi ei lähdetty suunnittelumetodia sen tarkemmin analysoimaan vaan käytettiin metodista lähes pelkästään vaatimuslistaa.

3 Kuivauksen pohjatiedot

3.1 Kuivaus

Kuivaus on ollut ensimmäisiä tekniikoita säilöä ruokaa. Kuivatuksen juuret ulottuvat aina kivakaudelle asti. Kuivaus pidentää elintarvikkeen elinikää, helpottaa tarvikkeen käsittelyä ja se kohentaa ruuan laatua. Ennen kuivaustehokkuus oli heikompaa pienten kuivauserien ja huonompien laitteiden ansiosta. Nykyään kuivauserät ovat suurentuneet ja laitteet kehittyneet, joten vettä voidaan poistaa tehokkaammin. (Hill 2002, 25.)

Suomessa kuivaamista käytetään kuitenkin vain vähän, mutta muualla Euroopassa kuivaus säilöntämenetelmänä on paljon suosittu. Kuivattu tuote antaa etuja tuotteiden säilytys-, pakkaus- ja kuljetuskustannuksissa. Kuivatun tuotteen käyttö on myös helppoa ja hävikkiä syntyy vähän, koska tuote ei pääse helposti pilaantumaan. Kuivatussa tuotteessa ei myöskään ole lisäaineita. (Saarela 2010, 292.)

3.2 Kuivuminen

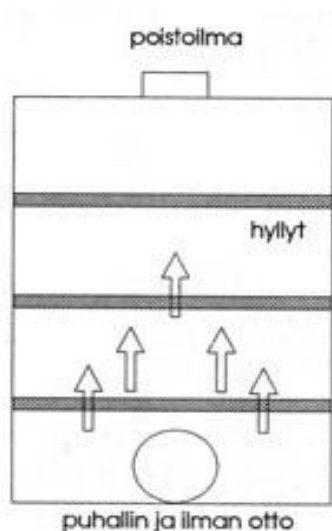
Kuivauksella tarkoitetaan veden poistamista kiinteästä aineesta, joka tässä tapauksessa on kala. Ruokien sisältämä vesimäärä jakautuu erilaisiin tyyppeihin. Mikäli tuote on kostea, se sisältää sitomatonta pintavettä, joka täytyy lähes aina poistaa. Sitomaton vesi täyttää kapillaaristen tekijöiden johdosta rakenteen onkalot. Sitomattoman veden määrä on suoraan verrannollinen siihen, miten huokoinen tuote on ja millainen sen huokoinen rakenne on. Sidottu vesi sijaitsee solun sisällä ja se on kiinnittynyt soluun sen hydrofiilisten ominaisuuksien johdosta. Näiden sidosten rikkoutumiseen vaaditaan paljon lämpöenergiaa. Sidotun ja sitomattoman veden lisäksi on vesihöyryä, joka ilmaan sekoittuneena täyttää ne kolot, joihin sitomaton vesi ei ole päässyt. Joissain erityistapauksissa solurakenteet ovat kyllästetty, mutta onkaloissa ei ole lainkaan sitomatonta vettä: tätä kutsutaan hygroskooppiseksi kosteusrakenteeksi. (Hill 2002.)

3.3 Kuivausmenetelmiä

Kuivausmenetelmää valittaessa tulee ottaa huomioon tuotteen koostumus, menetelmän kustannukset ja laatuvaatimukset. Lopputuotteen tulee täyttää vaatimukset, jotka ovat tuotteelle määrätty. Kuivausmenetelmän tulisi olla halvin vaihtoehto ja tietenkin toimiva. Raaka-aineita voidaan kuivata useallakin eri menetelmällä. (Pyhäjärvi-instituutti 2014.)

3.3.1 Kaappikuivuri

Kaappikuivuri (kuva 2) soveltuu parhaiten tuotteen testaukseen, jossa mitataan aineen kuivauskäyttäytymistä. Kaappikuivureilla ei yleensä kuivata kovin suuria määriä tuotteita, koska se on työlästä. Kuivattava tuote asetetaan ritoille noin 3 cm paksuksi kerrokseksi. Yleisohjeena voidaan pitää, että neliömetriä kohden kuivattavaa tuotetta tulisi noin 5–20 kg. Tarkoituksena on puhalttaa ilmaa ylhäältä ja alhaalta ritoiden läpi, jotta kuivaus olisi tasaista. Kuivauksen aikana voidaan myös ritoiden paikkoja vaihdella ja näin ollen vaikuttaa kuivauksen tasaisuuteen tuotteessa. Kaappikuivurilla voidaan kuivata tuotetta raaka-ainetta noin 100–1000 kg kerralla. Lämpötilan tulee kuitenkin olla alhainen eikä se saa ylittää 40 °C. Lämpötilan korkeus riippuu tietenkin käytössä olevasta mallista. (Saarela 2010, 294.)



Kuva 2 . Kaappikuivuri (Pyhäjärvi-instituutti 2014).

3.3.2 Ilmakuivaus

Ilma johdetaan tuotteeseen tasaisesti niin, että hukkailmaa tulee mahdollisimman vähän. Ilman suhteellinen kosteus on oleellinen osa kuivausnopeutta. Suhteellisen kosteuden pienentyessä ilman vedensitomiskyky paranee ja näin ollen ilmaan voi sitoutua enemmän kosteutta. Ilman lämpötila ei kuitenkaan saa nousta liian korkeaksi, ettei tuote ala muuttaa koostumustaan. Tämä tapa on kuitenkin hyvin hidas. Sateen pääseminen tuotteeseen on estettävä. (Hill 2002, 26.)

Ilmakuivaus voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Siinä voidaan käyttää lämminilma-kuivausta, jossa kuivaamoon menevää ilmaa lämmitetään tai kylmäilmakuivausta, jolloin ilmaa ei lämmitetä. Ilmakuivaus voidaan toteuttaa panosperiaatteella, jolloin kuivattava tuote on pienissä erissä. Ilmakuivausta voidaan soveltaa myös jatkuvatoimisessa kuivurissa, missä tuotetta raaka-ainetta syötetään jatkuvasti kuivurin sisälle. Ilmakuivausta voidaan soveltaa myös kaappi- että lavakuivurissa. (Saarela 2010, 293.)

3.3.3 Aurinkokuivaus

Tuotteita voidaan kuivata myös auringossa. Tämä käytäntö soveltuu parhaiten maihin, joissa ilmasto on kuiva ja kuuma. Tuotteet levitetään telineille, maahan tai talojen katoille auringonpaisteeseen. Ongelmana kuitenkin aurinkokuivauksessa on sen epävarmuus tuotteen lopullisesta kosteudesta, joka voi jäädä hyvinkin korkeaksi. Tämä taas lisää kuivatun tuotteen pilaantumisriskiä. Lopputuotteen laatuun vaikuttaa myös ilmassa olevat pölyt, liat ja hyönteiset. (Saarela 2010, 293.)

3.3.4 Lavakuivuri

Lavakuivurissa (kuva 3) on laatikko, jossa yleensä käytetään teräsverkkoa tai muuta välipohjaa. Lämmitetty ilma johdetaan laatikkoon alhaalta ylöspäin pohjan kautta. Etuna tässä kuivaustavassa on sen varmatoimisuus ja hinta. Kuten kaappikuivuria, myös tätä kuivaustapaa käytetään kuitenkin lähinnä tuotteen loppukosteuden saamiseksi. Ilman lämpötila vaihtelee 40 °C:n molemmiin puoliin ilmavirtauksen nopeuden ollessa

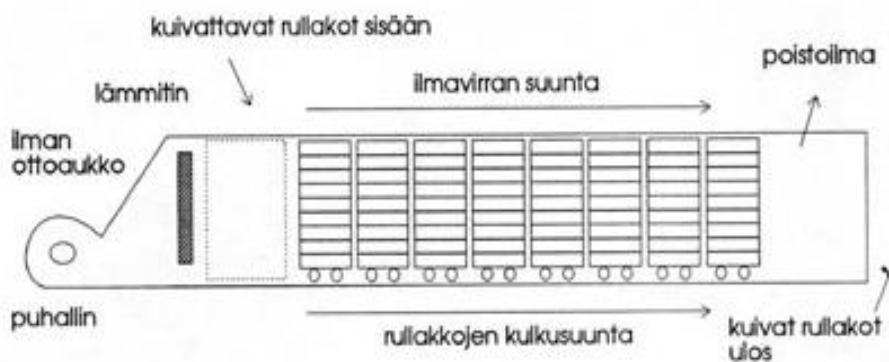
korkea noin 30 m/min. Kuivausaika on yleensä pitkä, mutta lavakuivurin käyttö on kuitenkin edullista, mikä johtuu halvasta laitteistosta. (Saarela 2010, 294.)



Kuva 3 . Lavakuivuri (Pyhäjärvi-instituutti 2014).

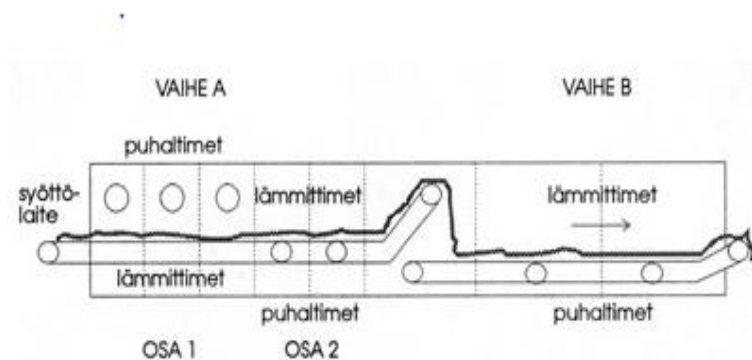
3.3.5 Jatkuvat toimiset kuivurit

Jatkuvatoimisia kuivureita on muutamaa eri mallia. Tunnelikuivaamossa (kuva 4) rullakoiden annetaan liikkua kuivaamon sisällä. Kuivaamoon lisätään tietyn ajan välein tuotetta rullakoihin. Tunnelin loppupäästä voidaan poistaa kuivattu tuote. Tunnelin pituudesta riippuu, kuinka monta rullakkoa voidaan samanaikaisesti käyttää. Tunnelin pituus voi olla jopa 20 m ja lämpötila vaihtelee alkupään noin 85 °C, loppupään noin 30 °C. Ilmaa puhalletaan tunnelin eri kohdista. Ilman nopeus vaihtelee noin 180–370 m/min. Tunnelin kuivauskapasiteetti voi nousta jopa 500 kg/t, kun käytetään tehokasta laitteistoa. (Saarela 2010, 294.)



Kuva 4 . Kuivuritunneli (Pyhäjärvi-instituutti 2014).

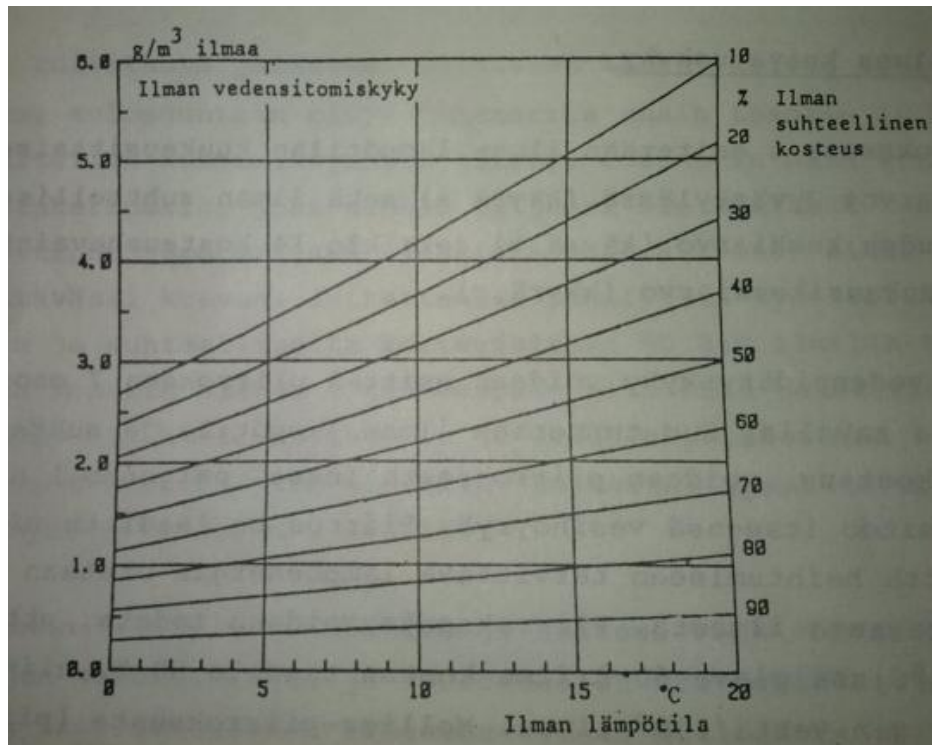
Kuljetinkuivuria (kuva 5) käytetään yleensä silloin, kun halutaan kuivata isoja määriä samaa tuotetta. Raaka-aine lisätään hihnalla käyttäen laitetta, joka levittää sen tasaiseksi kerrokseksi. Hihnan pituus voi olla jopa kymmeniä metrejä ja leveys muutamia metrejä. Hihnoja voi kuljettimen sisällä olla useampikin. Lämmitetty ilmavirta kulkee raaka-aineen ja hihnan läpi kuivaamon sisällä. Ilmavirran lämpötila vaihtelee asteittain kuivaamon eri kohdissa. Kuivauksen alkupäässä lämpötila on noin 95–127 °C, keskivaiheessa 71–104 °C ja loppupäässä noin 54–82 °C. (Saarela 2010, 294.)



Kuva 5 . Kuljetinkuivuri (Pyhäjärvi-instituutti 2014).

3.4 Ilman ominaisuuksia

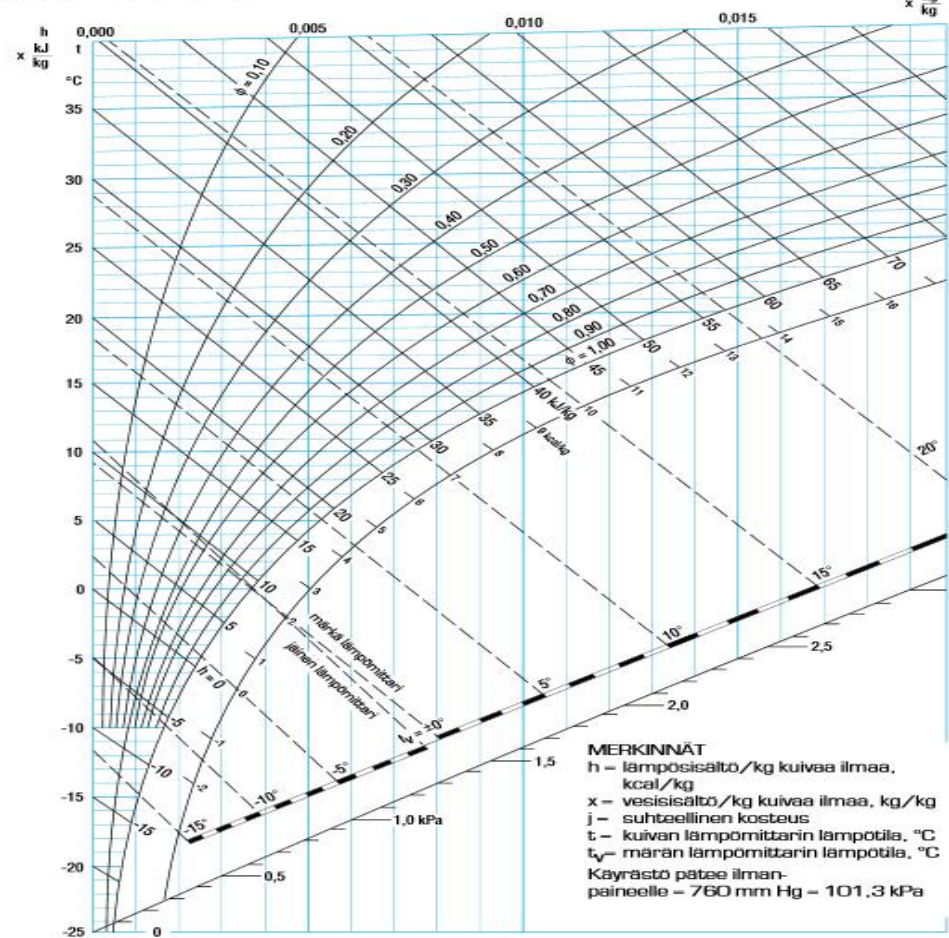
Ilma toimii kuivausaineena siten, että se tuo veden höyrystämiseen tarvittavan energian kuivattavaan materiaaliin ja vie tämän jälkeen haihtuneen vesihöyryn pois. Ilma sisältää eri kaasuja. Kaasujen lisäksi ilmassa on myös vesihöyryä. Ilman kuivatuskykyyn, lämpösisältöön ja mikrobien elintoimintoon vaikuttaa se, kuinka paljon ilma sisältää vesihöyryä. Veden haihtuessa sitoo se paljon lämpöä ja tämä taas vaikuttaa oleellisesti lämpösisältöön. Ilma voi sisältää vain tietyn määrän vesihöyryä, sillä ylimääräinen vesihöyry muuttuu vedeksi. Vesihöyryn määrää ilmaistaan yleensä suhteellisella kosteudella, joka ilmoittaa kuinka lähellä kastepistettä ollaan. Suhteellisen kosteuden ollessa 100 % ei ilma pysty sitomaan enää vettä, vaan se on kylläinen (kuva 6). Lämpötilan noustessa ilman suhteellinen kosteus laskee eli tällöin ilma pystyy sitomaan enemmän vettä. Lämpötilan laskiessa suhteellinen kosteus nousee ja näin ollen se pystyy myös sitomaan vähemmän vesihöyryä (kuva 6). (Hautala, Jokiniemi & Ahokas 2013.)



Kuva 6 . Ilman potentiaalinen vedensitomiskyky sen lämpötilan ja suhteellisen kosteuden muuttuessa (Kares & Linna 1983, 24).

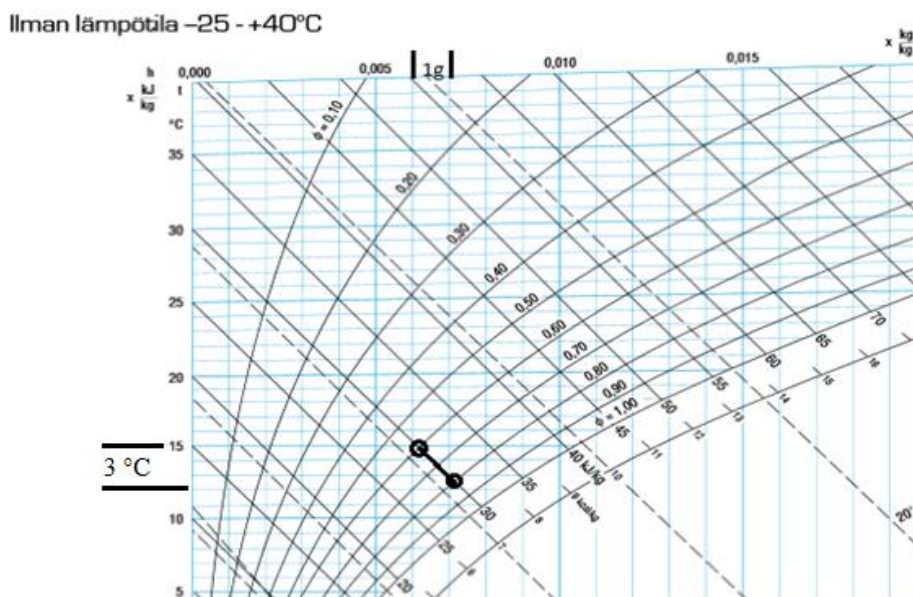
3.5 Ilman vedensitomiskyky

Kostean ilman Mollier-käyrästä (kuva 7) voidaan käyttää ilman vedensitomiskyvyn määrittämiseen. Käyrässä olevista pystyviivoista voidaan lukea ilman vesisisältöä, g/kg, vaakaviivat näyttävät lämpötilan asteina. Ilman suhteellista kosteusprosenttia kuvaavat käyrät kaartuvat oikealta ylös ja vinot viivat kuvaavat entalpiaa eli lämpösisältöä, kJ/kg, verrattuna 0 °C olevaan kuivaan ilmaan. Käyrästä voidaan myös lukea, kuinka suuren tilavuuden 1 kg ilmaa ottaa normaalipaineessa kuutiometreinä. (Kares & Linna 1983, 21–22.)

Ilman lämpötila $-25 - +40^{\circ}\text{C}$ 

Kuva 7 . Kostean ilman Mollier-käyrä (Fläktwoods 2014).

Tunnettaessa ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus piirroksesta voidaan todeta, kuinka paljon 1 m^3 ilmaa sitoo itseensä vesihöyryä (kuva 8). Kuva 8 on laadittu siten, että oletetaan haihtumiseen tarvittava lämpöenergia otettavaksi kuivattavasta ilmasta. Tällöin voidaan todeta esimerkiksi, että 15°C oleva 60 % ilma kostuu lähelle 80 %, tällöin ilma sitoo 1 g vettä/m^3 . Tämä aiheuttaa myös 3°C lämpötilan alenemisen mikä voidaan todeta Mollier-käyrästä (kuva 8). (Kares & Linna 1983, 23.)



Kuva 8 . Tästä voidaan todeta 3 °C aleneminen (Fläktwoods 2014).

3.6 Kuivauksen nopeus

Kuivauksen nopeuteen eli siihen kuinka nopeasti kalat kuivuvat, voidaan vaikuttaa monellakin asialla. Kaloja ei voi kuitenkaan kuivata liian kovalla lämmöllä, koska kalojen pintalämpötila ei saa nousta liian korkeaksi. Tässä eritellään muutama tapa vaikuttaa kalan kuivumisnopeuteen.

Ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa kalan kuivumisnopeuteen. Jos ilma on täysin kyläistä eli ilmankosteus on 100 %, ei ilma pysty tällöin sitomaan vettä, eikä näin ollen kuivumista kaloissa tapahdu. Jos taas ilman suhteellinen kosteus on pienempi kuin 100 %, pystyy ilma tällöin sitomaan itseensä kosteutta ja tällöin kuivumista tapahtuu. Mitä pienempi ilmankosteus on, sitä paremmin siihen voi sitoutua vettä ja tällöin kuivausprosessi nopeutuu. (Clucas 1982.)

Myös ilmavirtauksen nopeudella on vaikutusta kuivumisnopeuteen. Mitä nopeammin ilma virtaa kalan ylitse, sitä nopeammin kala kuivuu. (Clucas 1982).

Pinta-alan kasvattaminen nopeuttaa kuivausprosessia. Kalan koon ollessa samansuuruinen, voidaan kuivausnopeuteen vaikuttaa esimerkiksi puolittamalla kala. Tällöin kalan pinta-ala kasvaa ja kuivattavaa pinta-alaa on myös enemmän. (Clucas 1982.)

4 Kuivauksen suunnittelu

4.1 Toimintaperiaate

Kuivaamon toimintaperiaate on yksinkertainen: suurella ilmamäärällä (6000 m³/h) ja alhaisella lämmöllä (35–40 °C) saataisiin kalan kuivatus toteutettua tehokkaasti. Kalan pintalämpötila ei saa ylittää yli 35 °C, koska tällöin kala rupeaa paistumaan (Peter 1998, 14). Kuivatessa kalaa merkittävimmät muutokset tapahtuvat kalan aromi- ja vitamiinipitoisuudessa. Ravintoaineiden tappioita voidaan pienentää sillä, että ilman lämpötilaa säädetään alemmaksi. (Saarela 2010, 293.) Kalan kuivumiseen vaikuttaa ensisijaisesti kalankoko, joten kuivaamossa tulisi olla samankokoista kalaa, jotta kalat kuivuisivat tasaisesti. Näin ollen saataisiin tasalaatuista kalaa ja hukkaa tulisi mahdollisimman vähän. (Nylander 2014.)

Kalat sijoitetaan niille tarkoitettuihin rullakoihin, jotka suunnitellaan niin, että ilmavirtaa suoraan niiden lävitse. Alhaalta ylös oleva virtaus vie mukanaan kosteutta. Mitä tasaisemmin kalat saadaan asetettua niille tarkoitettulle arinalle, sitä parempi hyötysuhde saavutetaan. Kaloja ei tule kuitenkaan painella arinalle, jotta kalat eivät painaudu liian tiiviiksi. Tällöin kalojen väleistä ei pääse virtaamaan ilmaa. Kalat sijoitetaan kahteen rullakkoon, jolloin saadaan kuivauttavaa pinta-alaa kasvatettua.

4.2 Kuivausmenetelmän valinta

Aikaisemmin esiteltiin eri kuivausmenetelmiä, joista eniten toteutettu kuivausmenetelmä muistuttaa lavakuivurin ja kaappikuivurin sekoitusta. Kuivausmenetelmän valintaan vaikutti suuresti toimeksiantajan useamman vuoden kokemus kalankuivauksesta ja näin ollen valinta tehtiin pitkälti toimeksiantajan näkemyksen ja kokemuksen perusteella. Toimeksiantaja on itse kokeillut muutamaakin kuivausvaihtoehtoa ja todennut tämän kaikista toimivimmaksi ja tasaisimmaksi lopputuloksen kannalta. Näin ollen ei tässä yhteydessä lähdetty suunnittelemaan mitään uutta ratkaisua, vaan mallia otettiin olemassa olevasta kuivaamosta. Kuivaamon energialähde vaihdettiin kuitenkin öljyyn hakeen sijasta.

4.3 Kontin määrittäminen

Kuivaamo tullaan rakentamaan 10-jalkaiseen eristettyyn merikonttiin (kuva 9). Merikontti täyttää vaatimukset, jotka elintarvikevirasto antaa. Sen sisätilat on valmistettu ruostumattomasta teräksestä ja lattia alumiinista. Konttia käytetään yleisesti elintarvikkeen varastointiin ja helposti pilaantuvien tuotteiden varastointiin. (The Containerman 2014). Se on myös valmiiksi eristetty eikä näin ollen eristystä tarvinnut lähteä suunnittelemaan. Kontin sisä- ja ulkomitat näkyvät taulukoista 1 ja 2.

Taulukko 1. Kontin ulkomitat (Shippingcontainer24).

Pituus (metreinä)	Leveys (metreinä)	Korkeus (metreinä)	Sisätilan vuus (metreinä)	tila- (kuutio- metreinä)	Lattian ala (neliömet- reinä)	pinta- (neliömet- reinä)	Kontin paino (tonnia)
3,05	2,44	2,59	15,89		6,69		1.52

Taulukko 2. Kontin sisätilat. (Shippingcontainer24).

Pituus (metreinä)	Leveys (metreinä)	Korkeus (metreinä)	Sisätilan vuus (metreinä)	tila- (kuutio- metreinä)	Lattian ala (neliömet- reinä)	pinta- (neliömet- reinä)	Kontin paino (tonnia)
2,80	2,33	2,59	15,89		6,69		1.52



Kuva 9 . Eristetty merikontti (Scandiccontainer 2014).

4.4 Lämminilmakehitin

Tarkoituksena on siis rakentaa siirreltävissä oleva lämmitetyllä ilmalla toimiva kuivuri. Kun kuivaamo on siirreltävissä, ei laitteistolle tarvitse hankkia rakennuslupaa, vaan se voidaan sijoittaa esimerkiksi ulkotiloihin (Nylander 2014). Tähän tarkoitukseen täytyi etsiä sopiva lämmitinyksikkö, joten tästä syystä käytiin läpi erilaisia vaihtoehtoja kuten vesikeskusjärjestelmää. Vesikeskusjärjestelmässä on kuitenkin ongelmia, mikä ratkaisi sen, että sitä ei voitu tässä työssä kuivaamon lämmönlähteenä käyttää. Vesikeskusjärjestelmään tulevat komponentit kuten patteri, puhallin, vesivaraaja ja lämmitin tarvitsevat erillisen lämmityskontin. Veden jäätyminen ulkotiloissa voi myös olla mahdollista korkeassa pakkasessa. Vesikeskusjärjestelmän komponentit tulee siis sijoittaa sille varattuun ja erilliseen konttiin. Tällöin lämmitysyksikkö ei olisi siirreltävissä, eikä se siis ollut sopiva ratkaisu kuivauksen ilmantuottoon. (Nylander 2014.) Vesikeskusjärjestelmällä ilman puhalluksen ja lämpötilan säätäminen olisi varmasti ollut tarkempaa ja tätä myöten kalan kuivausaikojen ja lopputuotteen laadun sääteleminen olisi ollut helpompaa.

Toimeksiantajan kanssa tultiin siihen lopputulokseen, että valitaan Mepun EKI 120s siirrettävä lämminilmakehitin (liite 1). Mepun lämminilmakehitin täyttää standardin SFS 5623 (puhaltimella varustetut öljykäyttöiset ilmakehittimet) mukaiset määritykset, soveltuvien osien EN60335-1 ja EN50165. (Thermox käyttöohjekirja 2007). Tällä päästään haluttuun lopputulokseen. Ei tarvita erillistä lämmityshuonetta ja -konttia vaan Mepun lämminilmakehitin voidaan sijoittaa esimerkiksi ulkotiloihin. Ulkotiloissa tulee kuitenkin huomioida sijoitusta rajoittavat tekijät. Mepu pystyy puhaltamaan ilmaa 6000 m³/h ja tämä arvo on vakio. Ilmamäärää voidaan kuitenkin säädellä sijoittamalla ilman-säätöpelti kuivaamoon menevään kanavaan. Tällöin kuitenkin joudutaan puhaltamaan osa ilmasta pois kanavasta. Ilman lämpötila aivan puhaltimen suuaukolla on 70–80 °C. Lämpötilaa kuivaamon sisällä voidaan säädellä kuivaamoon sijoitetulla huonetermostaatilla, joka toimitetaan yhdessä lämminilmakehittimen kanssa. Termostaatti katkaisee Mepussa olevan polttimon, joka lämmittää ilmaa, mutta ilman puhallus kuitenkin jatkuu. Siirrettävästä lämminilmakehittimestä voidaan halkaisijaltaan 400 mm olevalla kierresaumakanavalla siirtää ilmaa kuivaamoon sisälle. (Rantanen 2014.)

4.4.1 Lämmittimen rajoitukset

Mepun siirrettävissä olevalla lämminilmakehittimellä on muutamia sijoitusta rajoittavia tekijöitä. Näiden rajoittavien tekijöiden lisäksi tulee ottaa huomioon paikalliset viranomaismääräykset. Kun tuote sijoitetaan ulkotiloihin, se aiheuttaa 76 dB (desibeli) melun noin 1 m päässä laitteesta. Sijoituksessa ei tarvitse siis tällöin ottaa huomioon meluhaittaa. Melun alempi toiminta-arvo on 80 dB (Valtioneuvoston asetus 2006). Myöhemmin tulee tehdä mittaukset, jolla selvitetään kuinka suuri melu kuivaamosta lähtee. Kuivaamo tullaan suurella todennäköisyydellä sijoittamaan asuinalueelle ulkotiloihin. Ulkona asuinalueella melun taso ei saa ylittää päiväohjearvoa (klo 7-22) 55 dB eikä yöohjearvoa (klo 22-7) 50 dB (Valtioneuvoston päätös 1992).

4.4.2 Sijoittamista rajoittavat tekijät

Lämmittimen sijoittamista rajoittavat erilaiset tekijät. Lämmitin tulee sijoittaa palamattomalle alustalle, joka ulottuu vähintään 500 mm etäisyydelle laitteesta. Lisäksi huomiota tulee kiinnittää siihen, että suojaetäisyydet syttyviin rakenteisiin ovat riittävät: puhallusaukon edessä on oltava vähintään 1500 mm, laitteen sivulla vaakasuunnassa 500 mm ja laitteen yläpuolella 500 mm. Rakenteiden ollessa suojatut palamattomalla aineella, puhallusaukon edessä etäisyyden on oltava vain vähintään 750 mm. Yleensä laite voidaan sijoittaa siihen huoneeseen, jota lämmitetään, mutta tällöin tulee varmistaa riittävä palamisilman saanti. Lämmitintä ei saa sijoittaa palamis- tai räjähdysvaaralliseen tilaan ja se tulee suojata sateelta, vesisuihkulta ja tippuvalta vedeltä. Laitetta ei saa käyttää ilman että polttimen suojakotelo on paikallaan. (Thermox käyttöohjekirja 2007.)

Kun puhallusaukko yhdistetään lämminilmakanavaan, kanava tulee valmistaa syttymättömästä aineesta ja sen on myös oltava vähintään 100 mm matkan päässä syttyvistä aineista. Kun lämmitin yhdistetään ulos johtavaan savuhormiin, savuhormin tulee täyttää sille asetetut vaatimukset, määräykset ja ohjeet. Öljysäiliön tulee sijaita vähintään 3 m päässä lämmittimestä ja öljyn siirtoon on käytettävä vain siihen tarkoitettuja komponentteja. (Thermox käyttöohjekirja 2007.)

Rajoittavat tekijät otetaan huomioon lämmittimen sijoituksessa ja se tullaan sijoittamaan sateensuojaan. Toimeksiantajan toimesta tullaan suunnittelemaan lämminilmakehittimelle sateensuoja. En tule käsittelemään opinnäytetyössä sitä tarkemmin. Sateensuojan tarkoitus on estää kovassakin tuulessa sataneen sadeveden pääsy kosketuksiin laitteen kanssa.

4.4.3 Polttoöljy

Öljyn lämpöarvo on suurempi kuin muilla polttoaineilla. Lämpöarvo osoittaa, kuinka paljon lämpöä saadaan öljyn palamisesta jos palaminen on täydellistä. Poltettaessa öljyä, hiili palaa hiilidioksidiksi ja vety vedeksi. Kevyen polttoöljyn lämpöarvo on 42,7 MJ/kg, kun taas raskaan polttoöljyn on hieman pienempi 40,8 MJ/kg. Vertailtaessa

muihin polttoaineisiin voidaan todeta, että öljyn ja maakaasun lämpöarvo on paljon suurempi kuin muiden polttoaineiden (taulukko 3). (Seppänen & Seppänen 1996, 100.)

Taulukko 3. Tyypillisiä polttoaineiden tehollisia lämpöarvoja ja tiheyksiä (Tilastokeskus 2012).

Polttoaine	Mittayksikkö	GJ	MWh	t/m ³
Raakaöljy	t	41,8	11,62	0,855
Raskas polttoöljy	t	40,50/41,10	11,25/11,42	0,987/0,975
Kevyt polttoöljy	t	42,70	11,86	0,845
Dieselöljy	t	42,80	11,89	0,840
Kivihiili	t	25,10	6,97	
Maakaasu	(0 1000 m ³	36,00	10,00	
	°C)			
Biokaasu	1000 m ³	17–23		
Polttohake	i-m ³	2,88	0,80	0,300
Palaturve	t	12,30	3,42	0,380
Puupelletti	t	15–18		
Jyrsinturve	t	10,1	2,81	0,320
Kokopuuuhake	t	7–11		

Polttoöljyjen ominaisuudet vaihtelevat hieman, koska tuotteita sekoitetaan ja raakaöljyjen välillä on eroja. Kiinteistökattiloissa voidaan polttaa suomalaista polttoöljyä, koska se on lähes rikitöntä. Raskasta polttoöljyä käytetään suuremmissa lämpökohteissa. Raskas polttoöljy sisältää rikkiä ja näin ollen vaaditaan huomattavasti monimutkaisemmat polttolaitteet kuin kevyellä polttoöljyllä. Raskas polttoöljy vaatii mm. öljyn esilämmituksen ennen pumppausta ja polttoa. (Seppänen & Seppänen 1996, 100)

4.4.4 Öljysäiliö

Mepun lämmitin tarvitsee öljysäiliön. Lämminilmakehitin kuluttaa öljyä 3,5–10 l/h. Öljyä ei saa säilyttää kuivaamon sisätiloissa (luku 2.5 s. 9–10). Mepun säiliö tullaan sijoittamaan ulkotiloihin. Öljysäiliön sijoituksessa tulee ottaa huomioon varastoinnissa vaadittavat paloturvallisuusasiat sekä häiriötilanteessa ympäristöön joutuvan öljyn riskit. Öljyä voidaan varastoida myös sisälle rakennukseen tai maan alle sijoitettuihin säiliöihin. Säiliötyypeistä on olemassa yksityiskohtaiset standardit. Mepun säiliö sijoitetaan siis ulkotiloihin ja tällöin täytyy huomioida teräksisen lieriömäisen makaavan säiliön SFS 2733 standardi. (Seppänen 1995, 311–313.)

4.5 Tuloputken määrittäminen

Ilmastokanavat muodostuvat yleensä erilaisista kappaleista, pääte-elimistä, säätöpelleistä ja muista varusteista. Nykyään käytetään pääasiassa peltikanavia ja ne ovatkin syrjäyttäneet ennen käytössä olleet rakennusainekanavat. Peltikanavien etuna on, että ne ovat tiiviimpiä, halvempia ja helpompia asennettavia kuin rakennusainekanavat. Yleisesti käytetään pyöreää kierresaumaamalla tehtyä kanavaa, jonka materiaali on sinkitty. Kanavien mitat ovat standardoituja (taulukko 4) niin, että perättäisten kokojen suhde on 1,6. (Seppänen 1988, 87.)

Taulukko 4. Pyöreän kanavan sisähalkaisija (SFS 3282), poikkipinta-alat, materiaalin-
vahvuus, paino ja asennusaukon vähimmäismitta (Seppänen 1988, 87).

Nimellismitta ja sisähalkaisijan mitä, mm	Poikkipinta- ala m ²	Yleinen materiaa- livahvuus, mm	Paino kg/m	Vähimmäisaukko
63	0,003		0,85	80
80	0,005		1,1	100
100	0,008	0,5	1,4	125
125	0,012		1,7	160
160	0,020		2,25	200
200	0,031		3,3	250
250	0,049		4,1	315
315	0,078	0,6	5,2	400
400	0,126		8,8	500
500	0,196		11,0	630
630	0,312	0,8	14,0	800
800	0,502		18,0	1000
1000	0,785	0,9	25,0	1200
1250	1,227		31,0	1400

Putken kooksi standardista valittiin halkaisijaltaan 400 mm oleva kierresaumakanava (taulukko 4). Tämä johtuu pitkälti siitä, että Mepun ulostulon puhallus voidaan maksimissaan ottaa ulos 400 mm kanavalla. Kanava tullaan tekemään niin, että mutkia tai muita liitoskohtia ei tarvita. Putki on siis vaakasuora kierresaumakanava. Tämä helpottaa myös painehäviöiden ja virtojen laskua. Putkesta tulee noin 2 m pitkä ja pituuden valinta määräytyi pitkälti Mepun sijoitusmääräyksen mukaan. Mepun puhallusaukon eteen täytyi jäädä vähintään 1500 mm. Putken määrittelyn laskennat tehtiin seuraavasti. Ilmamäärä on 6000 m³/h ja tämä täytyi muuttaa m³/s.

$$q_v = \frac{q_v}{3600 \text{ s}} \frac{6000 \text{ m}^3/\text{h}}{3600 \text{ s}} = 1,67 \text{ m}^3/\text{s}$$

q_v = tilavuusvirta (m³/s)

3600 s= tunti sekunneissa

Virrannopeus putkessa laskettiin seuraavalla kaavalla.

$$v = \frac{q_v}{A} = \frac{1,67 \text{ m}^3/\text{s}}{0,126 \text{ m}^2} = 13,25 \text{ m/s (Valtanen 2010, 210)}$$

v = virtausnopeus

A = putken pinta-ala

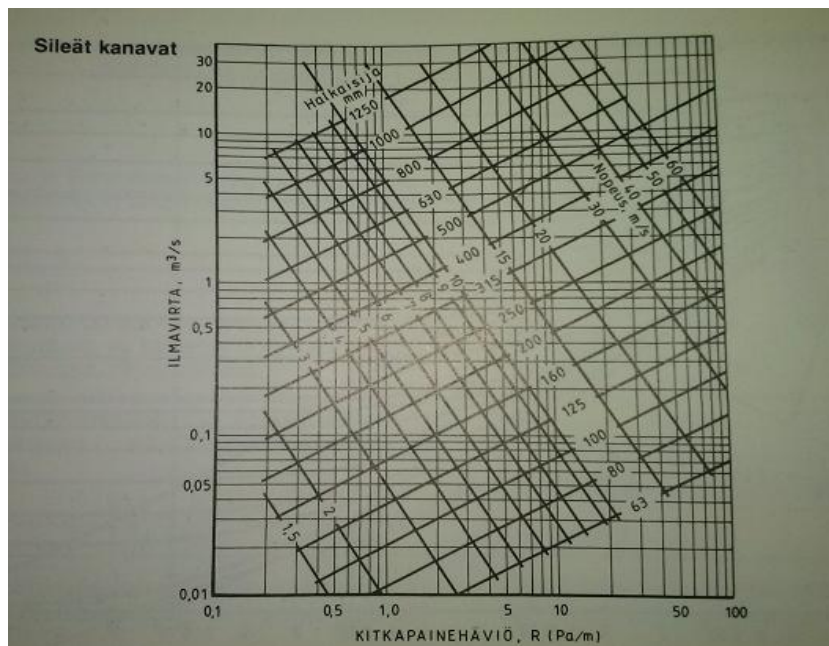
Putken sisällä virtaavan ilman nopeudeksi tuli 13,25 m/s. Tällöin joudutaan käyttämään suurnopeus (suurpaine) -kanavaa, koska ilman nopeus ylittää 10 m/s (Seppänen 1988, 102).

Seuraavaksi laskettiin putken kokonaispainehäviö. Kitkapainehäviö voitiin lukea kuvasta 10. Kitkapainehäviöksi tulee siis noin 4 Pa/m. Seuraavaksi laskettiin virtauksen dynaaminen paine, joka saatiin kaavasta.

$$P_d = \frac{1}{2} * \rho * v^2 = \frac{1}{2} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * (13,25 \text{ m/s})^2 = 105,34 \text{ Pa} \text{ (Seppänen 1988, 93)}$$

P_d = dynaaminen paine

ρ = ilman tiheys



Kuva 10 . Standardimittaisen pyöreän kierresaumattun peltikanavan kitkapainehäviö.

Tästä voidaan myös lukea ilmavirran keskimääräinen nopeus kanavassa. (Seppänen 1988, 98.)

Kokonaispainehäviö laskettiin seuraavalla kaavalla.

$$\Delta\rho_i = P_d + l * R = 105,34 \text{ Pa} + 2\text{m} * 4 \text{ Pa/m} = 113,34 \text{ Pa} \text{ (Seppänen 1988, 101)}$$

l = putken pituus

R = kitkapainehäviö

$\Delta\rho_i$ = kokonaispainehäviö

Laskettiin onko virtaus laminaarista (kuva 11) vai turbulenttista (kuva 12). Laminaarisessa virtauksessa ilma liikkuu putken suuntaisesti virtausviivoja pitkin. Turbulenttises-
sa virtauksessa esiintyy ilman putken akselin suuntaisen siirtymisen lisäksi myös satun-
naista poikittaisliikettä. Tämä johtaa siihen, että virtaus sekoittuu jatkuvasti. (Hautala &
Peltonen 2009,125.) Virtaus on laminaarista, jos Re (Reynoldsin luku) on <2320 ja tur-
bulenttista jos $Re >3000$ (Seppänen 1988, 95). Virtauksen Re laskettiin seuraavalla kaa-
valla.

$$Re = \frac{dv}{v} = \frac{0,4 \text{ m} \cdot 13,25 \text{ m/s}}{17,6 \text{ m}^2/\text{s} \cdot 10^{-6}} = 301136 \text{ (Seppänen 1988, 95)}$$

Re = Reynoldsin luku

d = kanavan halkaisija

v = ilman kinemaattinen viskositeetti (taulukko 4, 40 °C)

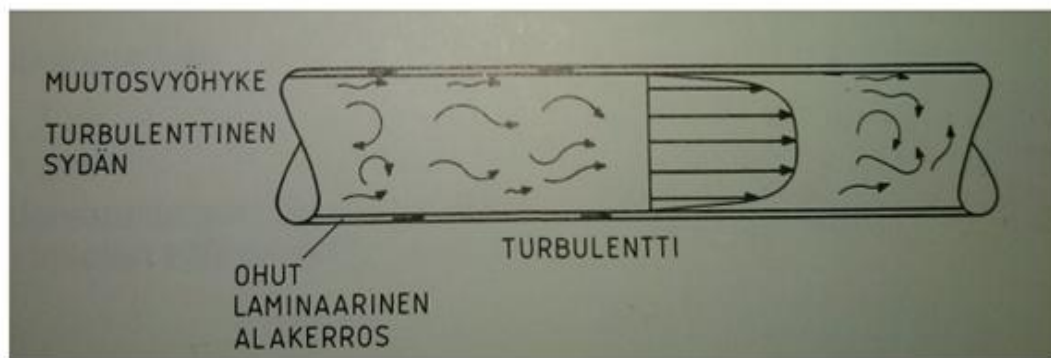
Tuloksesta voitiin todeta, että virtaus on voimakkaasti turbulenttista putkessa.

Taulukko 4. Kuivan ilman ominaisuuksia (Seppänen 1988, 347).

Lämpöti- la	Lämmön johta- vuus	Lämpötilan diffuusioker- roin	Absol. vis- kositeetti	Kinemaatti- nen viskosi- teetti	Prandt- lin luku
°C	W/mK	$10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	10^{-6} Ns/m^2	$10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	0,71
0	0,0237	19,2	17,46	13,9	0,71
20	0,0251	22,0	18,24	15,7	0,71
40	0,0265	24,8	19,12	17,6	0,71
60	0,0279	27,6	19,91	19,4	0,71
80	0,0293	30,6	20,79	21,5	0,71
100	0,0307	33,6	21,67	23,6	0,71
200	0,0370	49,7	25,69	35,5	0,71



Kuva 11 . Laminaarinen virtaus (Seppänen 1988, 95).



Kuva 12 . Turbulenttinen virtaus (Seppänen 1988, 95).

4.6 Poistoputken määrittäminen

Poistoputki sijoitettiin kontin kattoon. Poistoputken määrittäminen toteutettiin käyttäen internetissä olevaa laskentaohjelmaa Pressure Droppia (Pressure Drop 2014). Laskentaohjelmaa käytettiin oppimisen kannalta, mutta laskut olisi voitu toteuttaa myös aikaisemman luvun laskentakaavoilla. Poistoputki tuli mitoittaa niin, että kontin sisätiloihin ei kohdistu suurta painetta. Tällä varmistetaan se, että kontti ei ala paisua, jos sieltä ei saada tarpeeksi ilmaa otettua pois. Tarkoituksena oli selvittää, kuinka suuri paine-ero on tuloilma- ja poistoilmaputken välillä. Tällä määritettiin se, kuinka paljon konttiin kohdistuu painetta ja laskettiin arviolta, kuinka suuri kitkapainehäviö aiheutuu poistoputkesta.

Calculation output	
Flow medium:	/ gaseous
Volume flow::	6000 m³/h
Weight density:	1.2 kg/m³
Kinematic Viscosity:	17.6 10-6 m²/s
Element of pipe:	Sharp edged entrance
Dimensions of element:	Diameter of pipe D: 500 mm
	The pipe entrance is: sharp-edged
Velocity of flow:	8.49 m/s
Reynolds number:	241144
Velocity of flow 2:	-
Reynolds number 2:	-
Flow:	turbulent
Absolute roughness:	
Pipe friction number:	
Resistance coefficient:	0.5
Resist.coeff.branching pipe:	-
Press.drop branch.pipe:	-
Pressure drop:	0.21 mbar
	0 bar

Kuva 13 . Painehäviö, joka aiheutuu poistoputkesta (Pressure Drop 2014).

Kuvasta 13 voitiin lukea painehäviö poistoputkessa. Poistoputki aiheuttaa noin 21 Pa painehäviön. Painehäviön avulla voitiin laskea, kuinka suuren voiman se aiheuttaisi esimerkiksi kontin oveen. Se voitiin laskea seuraavasta kaavasta.

$$F = p * A = 0,000021 \text{ MPa} * (2345 * 1060) \text{ mm} = 52,2 \text{ N (Valtanen 2010, 496)}$$

F= voima

p= painehäviöstä aiheutuva paine

A= oven pinta-ala

Oveen kohdistuu 52,2 N voima. Poistoputkeksi voidaan siis valita 500 mm putki, koska se ei aiheuta niin suurta painetta, että kontti alkaisi paisua.

Poistoputkeksi valittiin valmis komponentti, ulospuhallushajotin EYMA-2 (kuva 14). Ulospuhaltimia käytetään paljon teollisuudessa. Ulospuhaltimella estetään myös sadeveden pääsy kontin sisätiloihin. Sadeveden on tarkoitus poistua liitossauman ja ulkovai-pan välisestä tilasta katolle. Kovilla pakkasilla saattaa kuitenkin esiintyä jäätymistä, jos

vesisisältö on suuri ja puhalluksen ilma määrä on pieni. (Fläktwoods 2014.) Poistopuhaltimiin on mahdollista hankkia myös pieneläinverkko, joka estää pieneläimien pääsyn kontin sisätiloihin.



Kuva 14 . EYMA-2 on kuvassa vasemmalla (Fläktwoods 2014).

4.7 Kuivausajan määrittäminen

Laskettiin kuinka paljon aikaa kuluu yhteen kuivauskertaan. Oletettiin, että ollaan ihan-
netilanteessa. Kuivaamo olisi hyvin eristetty ja sen voitiin olettaa toimivan adiabaattisesti ja ilman vuotoja (Hautala, M. Jokiniemi, T & Ahokas, J 2013). Puhallettavan ilman määrä on 6000 m³/h ja puhallettavan ilman lämpötila on noin 40 °C. Laskettiin esimerkki huhtikuun ulkoilman lämpötilan ja suhteellisen kuukausikeskiarvon (taulukko 5) mukaan. Ilman lämpötila on noin 0,5 °C ja ilman suhteellinen kosteus 74 %. Poistopuhalluksen suhteellisen kosteuden oletettiin olevan 100 %.

Taulukko 5. Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden kuukausikeskiarvot vuosina 1961–80 (Seppänen 1988, 68, 76)

Kuukausi	Lämpötila (°C)	Suhteellinen kosteus (%)	Ilmassa oleva vesimäärä (g/m³)
Tammikuu	-11,4	87	2,2
Helmikuu	-11,1	86	2,2
Maaliskuu	-5,8	81	2,8
Huhtikuu	0,5	74	3,8
Toukokuu	8,0	64	5,3
Kesäkuu	14,3	65	7,8
Heinäkuu	16,1	70	9,6
Elokuu	14,2	78	9,5
Syyskuu	8,6	84	7,3
Lokakuu	2,8	86	5,3
Marraskuu	-2,5	90	3,9
Joulukuu	-8,0	89	2,8

Mollier-käyrästä voitiin ensin määritellä, kuinka paljon tuloputken ilmassa on suhteellista kosteutta, kun se lämmitetään 0,5 °C- > 40 °C (kuva 15). Käyrästä voitiin myös todeta, että tuloilmaputken suhteellinen kosteus laskee noin 6 %. Ilman lämpötila laskee myös kalojen lävitse menon jälkeen: se voitiin myös todeta kuvasta 15. Mollier-käyrästä voitiin myös katsoa, kuinka monta grammaa ilma pystyy sitomaan vesihöyryä kilogrammaa kohden. Ylhäältä voitiin lukea, että vettä poistuu 10 g/kg ilmaan.

q_{h20} = veden poistumisnopeus

Δx = ilman sitoma vesimäärä

Yhdellä kuivauskerralla kuivataan kalaa noin 300 kg. Kalan kosteusprosentti on tuoreena noin 75 % ja tämän arvon tulisi laskea 4 %. Kalasta poistettava vesi määrä laskettiin seuraavalla kaavalla. Oletettiin, että kuivaus on tasaista koko kuivauksen ajan.

$$M_{vpoisto} = M_{kala} * \frac{w_a * w_i}{1 - w_i} = 300 \text{ kg} * \frac{0,75 - 0,04}{1 - 0,04} = 221,9 \text{ kg} \text{ (Hautala ym. 2013, 26)}$$

$M_{vpoisto}$ = kalasta poistettava vesimäärä

M_{kala} = tuoreen kalan paino

w_a = kalan kosteus tuoreena

w_i = kuivauksen jälkeen tavoite kosteus

Laskettiin kuivausaika ihannetilanteessa.

$$t_{kuivaus} = \frac{M_{vpoisto}}{q_{h20}} = \frac{221,9 \text{ kg}}{72 \text{ kg/h}} = 3,08 \text{ h} \text{ (Hautala ym. 2013, 51)}$$

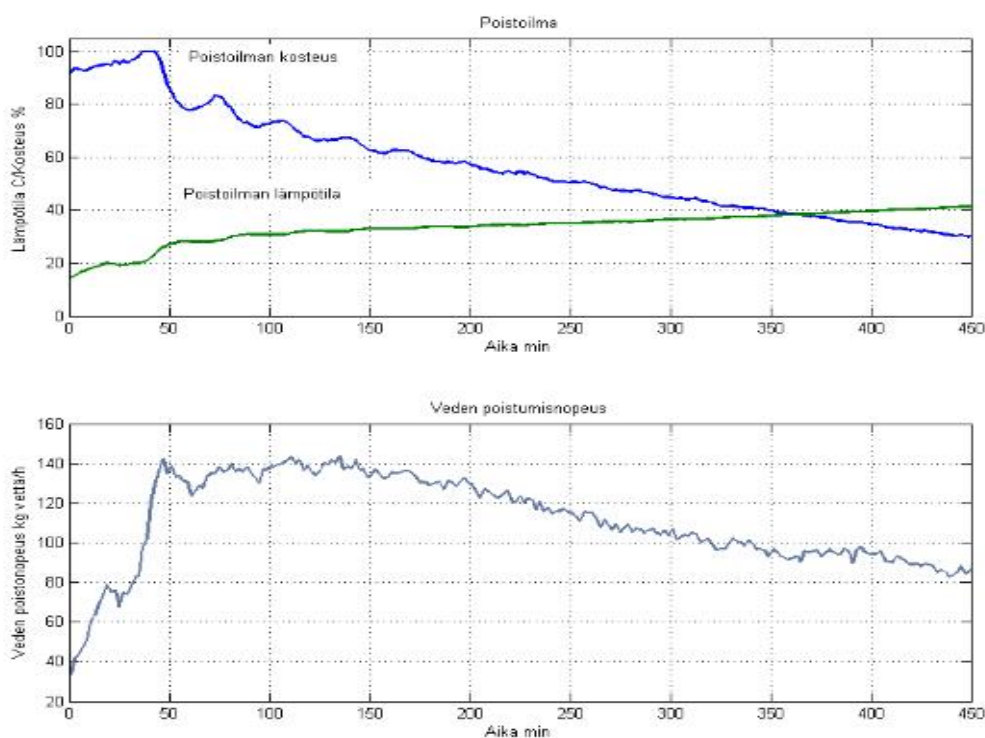
$t_{kuivaus}$ = kuivausaika

Tällöin voitiin todeta, että kuivausaika ihannetilanteessa olisi 3h. Tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa todellisen kuivausajan määrittämisessä. Kuivausaika on todellisuudessa paljon pidempi. Kuivausaikaan vaikuttaa vapaan veden määrä kalanpinnassa. Loppuvaiheessa kuivausta ei ylimääräistä vettä enää ole kalanpinnalla. Vettä joudutaan haihuttamaan kalan sisältä ja aikaa tähän kuluu enemmän kuin alkuvaiheessa, jossa vettä poistetaan kalanpinnasta. Kuivausaikaan vaikuttaa myös negatiivisesti kalan loppujäähdytys, joka tulee tehdä säilyvyyden takia. Kuivauksen aikana esiintyy myös ilmavuotoja ja lämpöenergian häviöitä huonojen eristysten takia. (Hautala ym. 2013.)

Kuivausaikaan voidaan vaikuttaa myös itse, kuivaamalla tietynlaisella ilmalla. Esimerkiksi talvella ilman suhteellinen kosteus on korkea ja lämpötila alhainen. Tällöin tarvitaan paljon tehoa, mutta ilmaan voidaan kuitenkin sitoa enemmän vettä. Tämä voidaan todeta taulukosta 5 s. 35. Kuivattaessa lämpimällä ulkoilmalla, lämmityksessä menee

tehoa hukkaan. Ulkoilman ollessa 20 °C ja tätä lämmitetään 40 °C, voidaan Mollier-käyrästä lukea, että ilma ei pysty sitomaan yhtä paljon vettä kuin esimerkiksi ulkoilman ollessa 0 °C. Kuivaamon testauksessa tulisi kiinnittää huomiota myös ulkoilman vaikutukseen kuivauksen parhaan tuloksen saamiseksi.

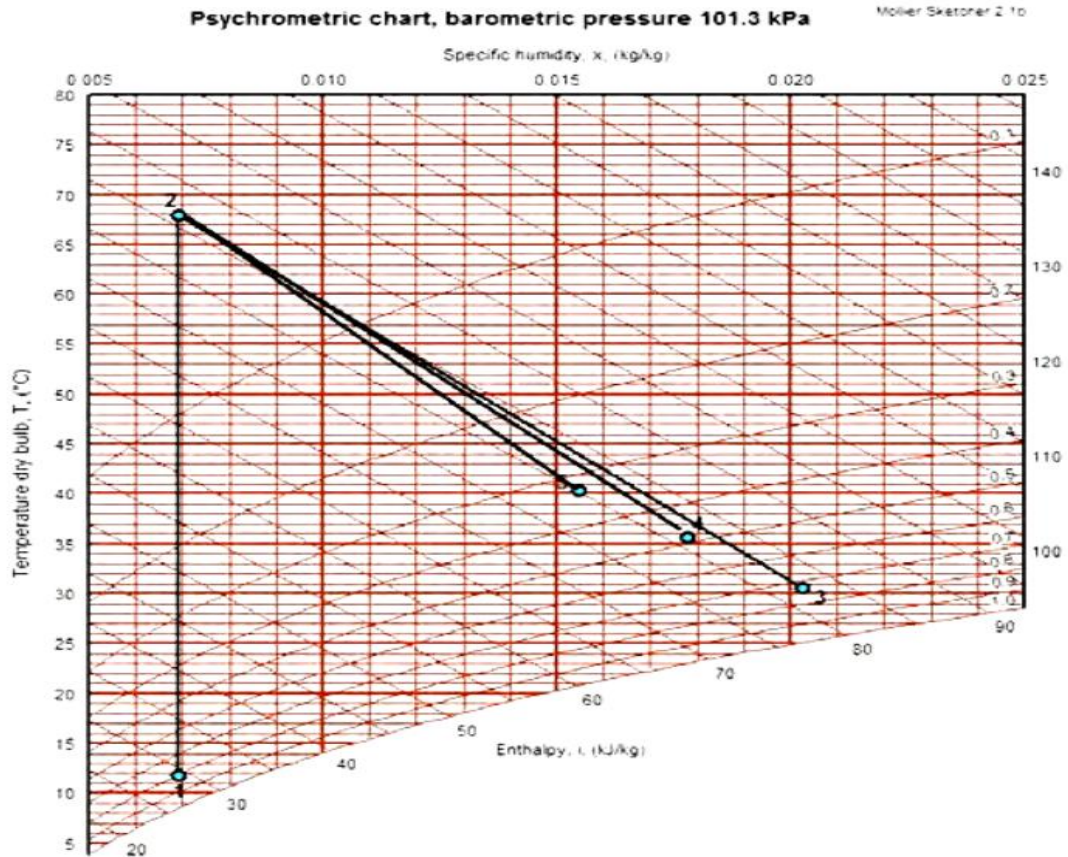
Oletettiin, että kala käyttäytyisi samalla tavalla kuin vilja kuivauksen aikana. Vilja si-
too ilmaan lämpöä kuivauksen alkuvaiheessa hyvin. Kosteus poistuu alkuvaiheessa hy-
vin, koska se esiintyy viljan pinnassa. Voitiin olettaa, että kalassa oleva kosteus toimii
samalla tavalla. Pinnassa olevan kosteuden poistuttua alkaa viljan sisäpuoli luovuttaa
kosteutta pintaan päin ja tällöin kuivaus hidastuu merkittävästi (kuva 16). Veden pois-
tumisnopeus pysyy vielä vakiona aina 150 min, jolloin se alkaa hidastua. Mitä kuivem-
maksi raaka-aine tulee, sitä hitaampaa on kuivumisnopeus ja kosteuden siirtyminen.
(Hautala ym. 2013, 66.)



Kuva 16 . Esimerkki viljan kuivauksen poistoilman ja veden poistumisnopeuden tilasta kuivauksen aikana (Hautala ym. 2013, 66).

Kuivausprosessi muuttuu kuivauksen aikana veden luovutuksen muuttumisen johdosta. Kuvasta 17 voitiin todeta poistoilman tilanmuutoksen kuvan 16 kuivauskokeen aikana. Poistoilman suhteellisen kosteuden ollessa suuri on myös veden poistumisnopeus ja

kosteussuhde suuri. Kuivumisnopeuden hidastuessa poistoilman tila muuttuu merkittävästi. (Hautala ym. 2013, 66.)



Kuva 17 . Kuivauksen aikana tapahtuvat muutokset kuivausprosessissa. 3= poistoilman tila vakio tilanteessa, 4= poistoilman tila kuivauksen hidastuessa ja 5= poistoilman tila kuivauksen loppuvaiheessa. (Hautala ym. 2013, 67.)

4.8 Tehon tarve

Alkutilanteessa tarvitaan tietty teho lämminilmakehittimeltä. Laskettiin, kuinka suuri kehittimen tehon tulee vähintään olla, että lämmitys saadaan toteutettua. Käytetään samoja arvoja kuin aikaisemmin. Lämmitetään ilmaa 0->40 °C. Laskenta toteutettiin seuraavalla kaavalla.

$$\Phi = q_m * c * \Delta T = \frac{7200 \text{ kg/h}}{3600 \text{ s}} * 1,00 \text{ kJ/kgK} * 40 \text{ }^\circ\text{C} = 80 \text{ kW} \text{ (Valtanen 2010, 229)}$$

Φ = siirtyvä lämpöenergia

q_m = massavirta (kg/s)

c = aineen ominaislämpökapasiteetti (Valtanen 2010, 228)

ΔT = lämpötilan muutos

Kuivauksen alkutilanteessa tarvittiin 80 kW tehoa. Tehon tarve muuttuu ulkoilman lämpötilan mukaan. Tehon tarve kasvaa, kun lämpötila laskee. Lämpötilan noustessa tarvitaan vähemmän tehoa lämminilmakehittimeltä.

4.9 Ilman kierrättäminen

Toimeksiantajan toivomus oli, että ajatellaan poistoilman menevän suoraan ulkoilmaan. Kuivaamon rakennus vaiheessa ja testausten jälkeen tulisi kuitenkin ajatella ilman kierrättämistä kuivaamossa. Varsinkin kuivauksen loppuvaiheessa ilman suhteellinen kosteus ei nouse enää tuohon 100 %: tämä voitiin todeta kuvasta 16 s. 38.

Kuivaamon ilmamäärää voitiin loppuvaiheessa laskea, koska veden poistumisnopeus hidastuu. Vertaukseksi voitiin laskea, kuinka paljon kosteutta ilmaan siirtyisi, jos ilmaa ei puhallettaisi konttiin enää jatkuvasti. Oletettiin kalan pinnalle jäävän noin 1 mm paksuinen kerros paikallaan pysyvää ilmaa, jonka vesihöyryn tulisi läpäistä. Laskettiin, kuinka paljon kalasta voi irrota vettä 45 °C lämpötilassa.

$$\delta_{p,ilma} = \frac{2,0 \cdot 10^{-7} \cdot T^{0,81}}{p_{ilma}} = \frac{2,0 \cdot 10^{-7} \cdot 318,15^{0,81} K}{101325 Pa} = 2,10 \cdot 10^{-10} kg/msPa \text{ (Vinha, Valovirta, Korpi, Mikkilä & Käkelä 2005, 71)}$$

$\delta_{p,ilma}$ = ilman vesihöyryn läpäisevyys (kg/msPA)

T = lämpötila (K)

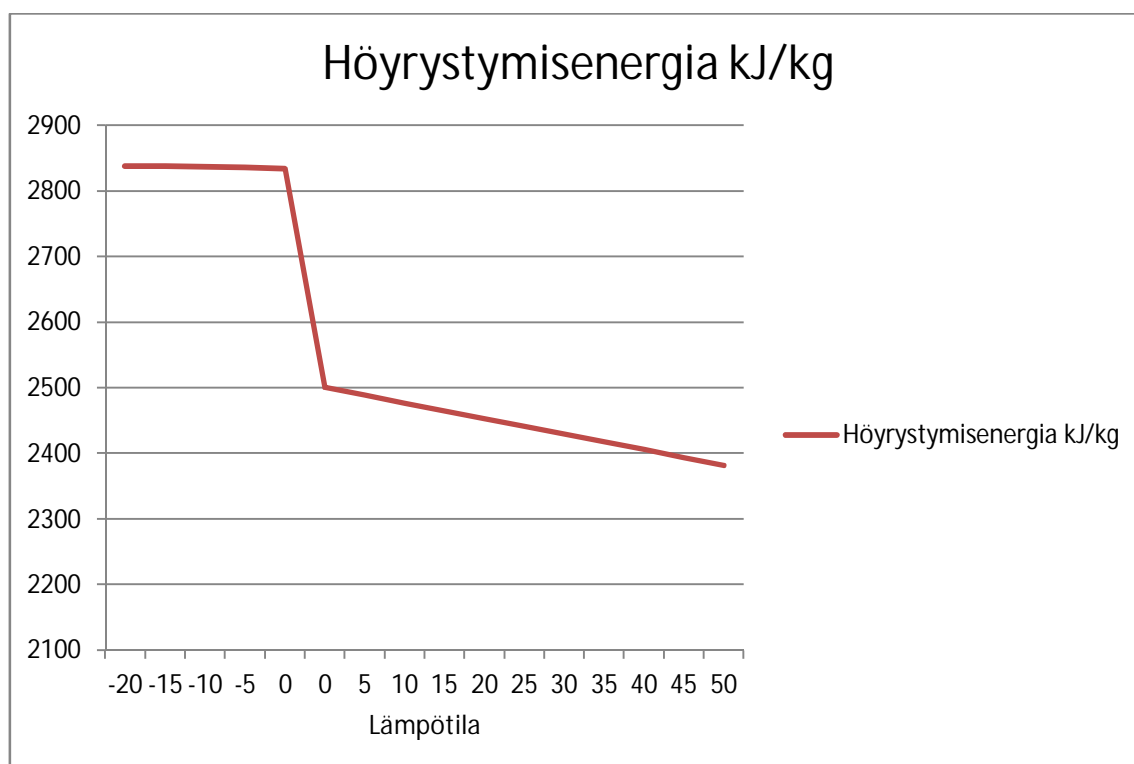
p_{ilma} = normaali ilmapaine 101325 Pa

Laskettiin vielä, kuinka suuri on kosteusvirran tiheys tuon 1 mm paksuisen paikallaan olevan ilman läpi. Tämä laskettiin paine-eron avulla. Paine-ero voitiin määrittää Mollier-käyrästä (kuva 18). Ajateltiin kalan lämpötilan olevan 20 °C ja kontin sisällä olevan

4.10 Energiankulutus

Veden irrotukseen kiinteästä aineesta tarvitaan energiaa. Veden irrotus kiinteästä aineesta on fysikaalinen ilmiö. Tässä tapauksessa vettä on irrotettava kalasta. Kuivaamon suunnittelussa tarvitsee tietää kuinka paljon energiaa kuluu kuivausprosessin aikana. Yhden vesikilon haihduttamiseen kiinteästä aineesta tarvittava energiamäärä on 2500 kJ/kg (veden höyrystymisenergia). Öljykilossa energiaa sen sijaan on 43 MJ. Yhdellä kilolla öljyä saadaan siis haihdutettua noin 17 kg vettä. Toisin sanoen tarvitaan noin 58 g öljyä haihduttamaan kalasta yksi kilo vettä. (Koskiniemi, Ala-Talkkari, Esala, Heikkilä, Huvinen, Koivisto, Kuronen, Piipari, Rintamaa, Törmä & Viirimäki 2009.)

Veden höyrystymisenergia riippuu ilman lämpötilasta. Kuviolla 1 voidaan osoittaa höyrystymisenergia. Kuviosta voidaan lukea veden höyrystymisenergia eri lämpötiloilla. Kuvio 1 on laadittu liitteen 5 pohjalta niin, että jään ja veden entalpia on vähennetty höyryn entalpiasta. Veden höyrystymisenergian tarkat arvot voidaan lukea liitteestä 2.



Kuvio 1. Veden höyrystymisenergia lämpötilasta riippuvana (Rantakangas 2014).

Pinnalla olevan kosteuden poistamiseen tarvitaan siis noin 2550 kJ/kg (kuvio 1). Kalassa kuitenkin on muutakin kosteutta, joka tulee poistaa, jotta päästään tarvittavaan 4 % kosteuteen. Suunniteltaessa kalankuivaamoa tulee käyttää arvoa 3800–5400 kJ/kg (Ara-son 2003). Tällöin yhdellä kilolla öljyä saataisiin kalasta irrotettua vettä noin 8–11 kg. Todellisuudessa kuitenkin kuivauksen energiankulutus on suurempi. Mepun lämmittimen hyötysuhteeksi annetaan yli 90 %. Kuivaamon rakenteet ja putkistot ovat useita asteita ilmaa ulkoilmaa lämpimämpiä ja niinpä energiaa menee hukkaan ilman lämmitämiseen. Voidaan siis olettaa, että keskimäärin noin 4,5–7,5 MJ tarvitaan energiaa haihduttamaan yksi vesi kilo. Tämä määrä vastaa noin 100–160 grammaa öljyä. (Koskiniemi ym. 2009.) Tässä opinnäytetyössä käytettiin laskuihin arvoa 5000 kJ/kg. Tällöin otettiin huomioon Mepun ja laitteiston aiheuttama energian hävikki. Tällä varmistuttiin ainakin siitä, että laitteiston teho varmasti riittää eikä tarvitse miettiä tehon riittävyyttä.

Yhdellä kuivaus kerralla kuivataan kalaa 300 kg ja kosteutta siitä on 75 %. Lopullinen kosteus tulee olla noin 4 %. Märitettiin, kuinka paljon öljyä tarvitaan veden irrottamiseen käyttäessä 5000 kJ/kg. Käytettiin samaa kaavaa kuin aikaisemmin. Määritettiin vesimäärä, joka tulee haihduttaa kalasta. Kalasta tulee siis haihduttaa noin 220 kg vettä. Yhdellä kilolla öljyä saatiin haihdutettua 8,6 kg vettä, kun käytettiin höyrystymisenergiana tuota 5000 kJ/kg. Yhden vesikilon haihduttamiseen tarvittiin siis 116 g öljyä. Tällöin tarvittiin noin 25,58 kg öljyä haihduttamaan tuo 220 kg vettä. Kun öljyn tiheys on noin 0,85 kg/m, voitiin laskea, kuinka monta litraa öljyä tarvittiin. Öljyä kuuluu yhden kuivauskerran aikana noin 29,42 l. (Koskiniemi ym. 2009.)

Oletettiin kuitenkin, että kuivaus kestää pitempään kuin tuo aikaisemmin laskettu 3,06 h. Mepu kuluttaa öljyä 3,5–10 l/h. Öljyn kulutus tulee siis laskea vasta testausten yhteydessä. Testauksen yhteydessä tulisi laskea, kuinka paljon Mepun lämminilmakehitiin kuluttaa öljyä verrattuna tuohon 29,42 l, joka tarvitaan 220 kg veden haihduttamiseen.

5 Sisätilan suunnittelu

5.1 Vaatimuslistan laadinta

Vaatimuslista laadittiin yhteistyössä toimeksiantajan kanssa. Vaatimuslistaan listattiin mm. rullakon, akselin ja rungon vaatimukset (taulukko 6). Lämminilmakehittimen sijoittamista ei vaatimuslistassa otettu huomioon. Vaatimuslistan merkinnät KV,VV ja T käytiin läpi luvussa 2.10 s. 12.

Taulukko 6. Vaatimuslista kuivaamon sisätiloille, rullakolle, akselille ja lämminilmakehittimelle (Rantakangas 2014).

KV, VV, T	Vaatimus	Tärkeys
Lämmitin		
KV	Polttoöljy	Tärkeä
KV	Mepu EKI 120s	Tärkeä
Materiaalit		
KV	AISI 316	Tärkeä
KV	Nailon	Tärkeä
Kuivaus		
T	Kaloja voidaan käännellä kuivauksen aikana, ottamatta niitä ulos kuivaamosta.	Otettava huomioon
KV	Lämpötila	Tärkeä
Huolettavuus		
KV	Puhdistettavuus	Tärkeä
Valmistus		
VV	Hitsaus	Tärkeä
T	Valmiit profiilit	Otettava huomioon
Voimat		
KV	Kalojen paino	Tärkeä
VV	Materiaalin paino	Otettava huomioon

Turvallisuus		
KV	Laitetta voidaan käyttää turvallisesti	Tärkeä
T	Mepun sijoitus	Otettava huomioon
T	Öljysäiliön sijoitus	Otettava huomioon
Mitat		
KV	Tulee mahtua 10-jalkaiseen konttiin	Tärkeä
VV	Ritilälle tulee mahtua 300 kg kalaa	Tärkeä
Ilman suuntaus		
VV	Ilman mentävä kalojen lävitse	Tärkeä
Kustannukset		
T	Materiaalin hinta	Otettava huomioon
Liikuteltavuus		
KV	Siirreltävissä	Tärkeä
VV	Rullakkoja voidaan siirrellä trukilla	Otettava huomioon
Muunneltavuus		
VV	Toimivuus	Tärkeä
VV	Helppokäyttöisyys	Tärkeä
KV= kiinteä vaatimus		
VV= vähimmäisvaatimus		
T= toivomus		

5.2 Kuivaamon materiaalit

Kuivaamon materiaalit tulee olla helppo puhdistaa ja ne tulee olla desinfioitavissa. Niiden tulee kestää myös meri- ja järvivettä. Toimeksiantajan ja elintarvikeviraston vaatimusten mukaisesti kuivaamon sisätilojen ja rullakoiden materiaaliksi valittiin EN 1.4401 (AISI 316) ks. liite 3 ja 4. Nailonia voitiin myös käyttää (liite 5).

5.3 Hitsien määritys

Kuivaamoon sisällä olevat hitsausaummat tullaan hitsaamaan kokonaan umpeen. Tämä varmistaa sen, että hitsausaumojen puhdistettavuus on helppoa. Rungon ja rullakon komponenttien väleihin ei saa päästä kosteutta. Tällä varmistutaan siitä, että mikrobeja ei pääse muodostumaan. Hitsausaummat tulee hioa tasaiseksi. (Malinen 2014.)

Hitsausaummat laskettiin yksinkertaistetun hitsausauman mitoitusmenetelmän mukaan. Taulukosta 7 voidaan lukea hitsausaumojen a-mitta. A-mitta saa minimissään olla 3 mm. Minimi a-mitta johtuu siitä, että ei aiheutuisi virhettä huonosta railonsovituksesta tai pienestä liitosvirheestä (SFS 2373, 20). Laskennassa todettiin, että yksikään hitsausauma ei ylittänyt tuota 3 mm. Hitsausaummat laskettiin seuraavien kaavojen avulla.

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}, \text{ kun } F_{w,Rd} = f_{vw,d} * a, \text{ missä } f_{vw,d} = \frac{f_u/\sqrt{3}}{\beta_m * \gamma M_2}$$

$$f_{vw,d} = \frac{f_u/\sqrt{3}}{\beta_m * \gamma M_2} = \frac{700 \text{ N/mm}^2/\sqrt{3}}{1,0 * 1,25} = 323,32 \text{ N/mm}^2 \text{ (Leino 2006)}$$

$$F_{w,Rd} = a * f_{vw,d} = 3 \text{ mm} * 323,32 \text{ N/mm}^2 = 969,69 \text{ N/mm}^2 \text{ (Leino 2006)}$$

$F_{w,Ed}$ = on hitsissä vaikuttavien voimien resultanttien mitoitusarvo yksikköpituutta kohden, ja

$F_{w,Rd}$ = on hitsin kestävyys mitoitusarvo yksikköpituutta kohden.

$f_{vw,d}$ = on hitsin leikkauslujuuden mitoitusarvo

a = hitsin a-mitta

f_u = vetomurtolujuus

β_m = korrelaatiokerroin (1,0 ruostumattomilla teräksillä, SFS-EN 1993-1-4)

γM_2 = materiaaliosavarmuusluku (1,25)

A-mitan minimiarvo on 3 mm. Käytetään minimiarvoa laskettaessa hitsisaumojen a-mittaa. Kalojen ja rullakoiden painon oletetaan olevan alle 600 kg. Yhdelle rungolle tulee siis noin 300 kg. Yhteen runkoon kohdistuu siis 3000 N voima. Rullakkoon kohdistuu noin 3000 N voima, kun sitä nostetaan trukilla. Käytetään siis hitsausaumojen

laskennassa suurinta voimaa eli 3000 N. Laskettiin voimalle vielä varmuusluku, käyttäen varmuuskerrointa 1,5. Voimaksi saatiin 4500 N.

Akselille laskettiin vielä erikseen voima. Yhteen hitsiin akselissa vaikuttaa 12500 N voima. Akseliin vaikuttavasta voimasta laskettiin vielä varmuusluku (18750 N). Akselin materiaaliksi valittiin S 355 rakenneteräs. Murtolujuus S 355 on 490 N/mm² ja korrelaatiokerroin 0,9. Leikkauslujuuden mitoitus arvoksi saatiin 251,47 N/mm².

Hitsin kestävyysmitoitustarvoa yksikköpituutta kohden verrattiin hitsissä vaikuttavien voimien resultanttien mitoitusarvoon yksikköpituutta kohden. Voima yksikköpituutta kohden saatiin laskettua seuraavalla kaavalla.

$$F_{w,Ed} = \frac{F_{Ed}}{l} \text{ (Leino 2006)}$$

l= hitsin pituus

Hitsin kestävyysmitoitustarvo on suurempi kuin voimien resultanttien aiheuttava voima, voidaan todeta, että hitsin a-mitaksi kaikissa tilanteissa tulee 3 mm. Taulukosta 7 voitiin lukea kyseiset arvot.

Taulukko 7. Hitsien määritykset (Rantakangas 2014).

Osat	Materiaali	$F_{w,Ed}$ (N/mm)	$F_{w,Rd}$ (N/mm)	a- mitta (mm)	l-pituus (mm)
Pohjarunko					
	Ohjuri kulmaan	32,14	969,96	3	140
	Suorakaideputki 50x50x2	29,80	969,96	3	151
Laatikko					
	Lattatanko 40x3	52,33	969,96	3	86
	L-profiili 100x30x3	33,83	969,96	3	133
Runko					
	Neliöputket 50x50x4	24,19	969,96	3	186
	Lattatanko 50x4 (Ohjuri)	16,07	969,96	3	280
	Kolmiolevy 200x100x4 (Ohju- ri)	22,50	969,96	3	200
Akseli					
	RP 76,1x6,3 S 355 JR	93,75	754,41	3	200
Ohjurikul- miin	Lattatanko 16x4	281,25	969,96	3	16

5.4 Kuivaamon sisätilat

Kuivaamon sisätilojen vaadittuja ominaisuuksia ovat ilman tehokas kierto kuivaamossa. Sisätilojen muodon tarkoitus on ohjata ilmapvirtaa kulkemaan kalojen läpi mahdollisimman tasaisesti ja näin ollen antaa kaloille tasainen kuivuvuus. Suunnittelussa tuli ottaa huomioon puhdistettavuus ja mahdollisimman yksinkertaiset ratkaisut. Sisätilat tullaan puhdistamaan jokaisen kuivauskerran jälkeen. Sisälle asennetaan kiskot, joiden päällä

rullakoita voidaan liikutella. Liikuteltavuus tulee ottaa huomioon, koska trukilla ei päästä ajamaan kontin sisälle kontin pienen koon takia (merikontin korkeus on 2350 mm). Kontti tulee myös nousemaan hieman maasta, koska siihen tulee suunnitella akseli, jonka varassa kontti on.

Sisätiloihin tulee myös jäädä kävelytilaa, jotta kaloja voitaisiin käänellä kontin sisällä. Kääntelyn ajaksi puhallus tulee kuitenkin sulkea. Tässä tulee kuitenkin huomioda Maa- ja metsätalousministeriön asetus 1367/2011, jossa määritellään oikea vaatetus kuivamon sisällä käytäessä (1367/2011).

Elintarvikemääräykset asettavat myös haasteita suunnittelulle. Näiden määräysten takia materiaaleiksi valittiin vain elintarvikehyväksytyjä materiaaleja. Sisätiloihin on tarkoitus laittaa nailonista tehtyjä ohjauslevyjä. Levyjen tarkoitus on ohjata ilmaa ylöspäin poistoputkea kohden ja estää ilman pääsy kontin nurkkiin. Näin estetään kontin nurkkiin muodostuva seisova ilma. Runko suunniteltiin 10-jalkaiseen merikonttiin, jonka sisätilan pituus on 2800 mm (taulukko 2 s. 22). Runko tehtiin haponkestävästä neliöputkesta ja teräslevystä. Haponkestävää teräslevyä käytettiin kiskojen tekemiseen.

5.4.1 Rungon lujuuslaskenta

Rungon lujuuslaskennassa kiinnitettiin huomiota varsinkin L-profiilin kestävyys ja siihen, että pystyssä olevat neliöputket varmasti kestävät. Aloitettiin laskemalla ensin voima, joka kohdistuu keskelle L-profiilia. Kalojen paino on noin 300 kg ja rullakoiden paino yhteensä noin 150 kg. Mitoitettiin kuitenkin rullakot painamaan 600 kg. Tämä takaa sen, että jos kuivaustarve myöhemmin kasvaa, voidaan rullakoihin lisätä vielä yhteensä 450 kg kalaa. Tällöin kuivauskapasiteettia voitaisiin nostaa. Rungon osia on kaksi, joten paino vaikuttaa näihin molempiin ja voidaan jakaa tässä tapauksessa puoliksi. Yhteen runkoon kohdistuu siis 300 kg paino. Runkoon kohdistuva voima voitiin laskea seuraavalla kaavalla.

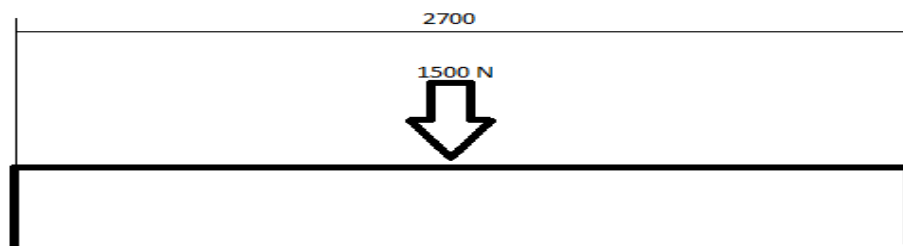
$$m * a = F = 600 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 5886 \text{ N} \text{ (Valtanen 2010, 193)}$$

m= vaikuttava paino

a = tässä tilanteessa g , joka on gravitaatiokiihtyvyys $9,81 \text{ m/s}^2$

F = voima

Yhteen L-profiiliin kohdistuva voima on noin 3000 N. Painon aiheuttava rullakko rakennetaan neljän pyörän päälle ja yhdelle palkille tulee tällöin neljä kappaletta pyöriä, koska laatioita tulee kuivaamon sisälle korkeintaan kaksi kerralla. Voima voitiin jakaa siis neljään osaan. Laskettiin taipuma kriittisestä pisteestä, joka tässä tapauksessa on L-profiilin keskellä, koska keskellä sijaitsee kaksi pyörää ja laidoissa vain yksi. Keskelle kohdistuu siis 1500 N voima (kuva 19).



Kuva 19 . Runkoon kohdistuva voima (Rantakangas 2014).

Valittiin palkiksi haponkestävän teräslevy, joka voidaan prässätä 90° kulmaan ja muodostaa näin L-profiili, jonka mitat ovat $70 \times 50 \times 4$. L-profiilin neliömomentti 100801 mm^4 ja taivutusvastus $2671,2 \text{ mm}^3$ ovat olennainen osa laskentaa (Valtanen 2010, 829). Oletetaan palkin olevan tuettu molemmista päistä. Seuraavana tarkastettiin L-profiilin taipuma kriittisessä pisteessä.

$$f = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{1500 \text{ N} \cdot (2700 \text{ mm})^3}{48 \cdot 193000 \text{ N/mm}^2 \cdot 110801 \text{ mm}^4} = 28,8 \text{ mm} \text{ (Valtanen 2010, 407)}$$

E = haponkestävän teräksen kimmokerroin (liite 3)

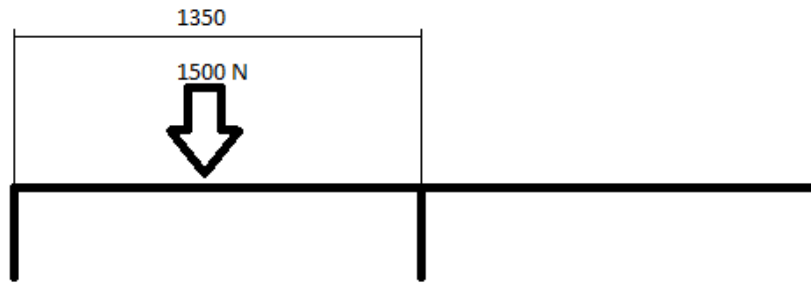
l = L-profiilin pituus

I = neliömomentti

f = taipuma

L-profiilin taipumaksi tällä voimalla tuli noin 29 mm, minkä johdosta päätettiin laittaa vielä yksi neliöputki keskelle tueksi. Lopullinen kestävyys L-profiilille laskettiin tuen lisäämisen jälkeen. Tällöin 1350 mm matkalle kohdistuu suurin voima, jonka suuruus on 1500 N (kuva 20). Käytettiin samaa kaavaa kuin ylempänä ja taipumaksi saatiin 3,6

mm. Tämän suuruinen taipuma ei haittaa, koska todellisuudessa paino jakautuu tasan tuolle 1350 mm matkalle.



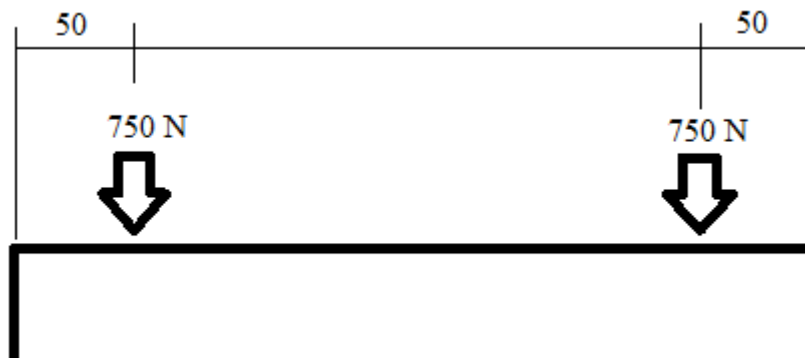
Kuva 20 . Neliöputken lisäyksen jälkeen vaikuttava voima (Rantakangas 2014).

Seuraavaksi laskettiin profiiliin vaikuttava momentti ja taivutusjännitys (kuva 21). Renkaat tulevat tuolle 1350 mm matkalle. Renkaat tulevat noin 50 mm päähän tuesta. Voima voitiin jakaa neljään osaan, koska renkaita yhdellä palkilla on neljä kappaletta. Voima on tällöin 750 N. Yhteismomentti 1350 mm matkalle saatiin kun summattiin molempien renkaiden aiheuttavat momentit. Momentti laskettiin seuraavalla kaavalla.

$$M = Fl = 750 \text{ N} * 50 \text{ mm} = 37500 \text{ Nmm} \text{ (Valtanen 2010, 465)}$$

F = pyörän aiheuttava voima

l = pituus, johon rengas tulee



Kuva 21 . L-profiiliin aiheutuva momentti (Rantakangas 2014).

Momentti voitiin kertoa kahdella, jolloin keskelle aiheutuva momentti on 75000 Nmm. Seuraavaksi voitiin laskea sallitun taivutusjännityksen mukaan kestääkö L-profiili. Sallittu taivutusjännitys voitiin laskea.

$$\sigma_{sall} = \frac{\sigma_m}{n} = \frac{220 \text{ N/mm}^2}{1.5} = 146,67 \text{ N/mm}^2 \text{ (Valtanen 2010, 492)}$$

σ_{sall} = taivutusjännitys

n = varmuuskerroin

σ_m = myötöraja (liite 3)

L-profiiliin vaikuttava taivutusjännitys saatiin kaavasta.

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{75000 \text{ Nmm}}{2778 \text{ mm}^3} = 26,997 \text{ N/mm}^2 \text{ (Valtanen 2010, 461)}$$

σ = taivutusjännitys

M = yhteysmomentti, joka vaikuttaa L-profiiliin

W = L-profiilin taivutusvastus

Haponkestävä L-profiilin sallittu taivutusjännitys on 146,67 N/mm² ja L-profiilin taivutusjännitys noin 27 N/mm². Näin ollen voitiin todeta, että profiili tulee varmasti kestämään. Taivutusjännitys antaisi vielä myöten, jos haluttaisiin lisätä tuota kuivausmäärää. Sille ei kuitenkaan näillä näkymin ole tarvetta. Määrää lisättäessä tulisi ottaa huomioon jo ilman määrän riittävyys.

L-profiilin tuiksi laitettiin kolme haponkestävää neliöputkea, kokoluokka oli 50x50x4. Tukiin kohdistuva voima voitiin laskea kriittisen pisteen mukaan. Keskimmäiseen tukeen kohdistuu 1500 N voima. Neliöputken kestävyyttä laskettaessa käytettiin puristusjännityksen kaavaa. Tähän tarvittiin haponkestävän teräksen sallittua puristusjännitystä, joka on sama kuin sallittu taivutusjännitys. Jännityksen avulla voitiin sitten laskea tarvittava pinta-ala neliöputkelta.

$$A = \frac{F}{\sigma_{sall}} = \frac{1500 \text{ N}}{146,67 \text{ N/mm}^2} = 10,23 \text{ mm}^2 \text{ (Valtanen 2010, 459)}$$

A= tarvittava pinta-ala neliöputkelta

Tulosta verrattiin sitten tuohon neliöputken pinta-alaan 695 mm² (Valtanen 2010, 809). Tämän johdosta voitiin todeta, että neliöputki tulee varmasti kestävässä tilanteessa. Neliöputken koon valintaan vaikutti suuresti se, että L-profiiliin ei pääse muodostumaan momenttia rullakoiden ollessa kuivaamossa paikallaan.

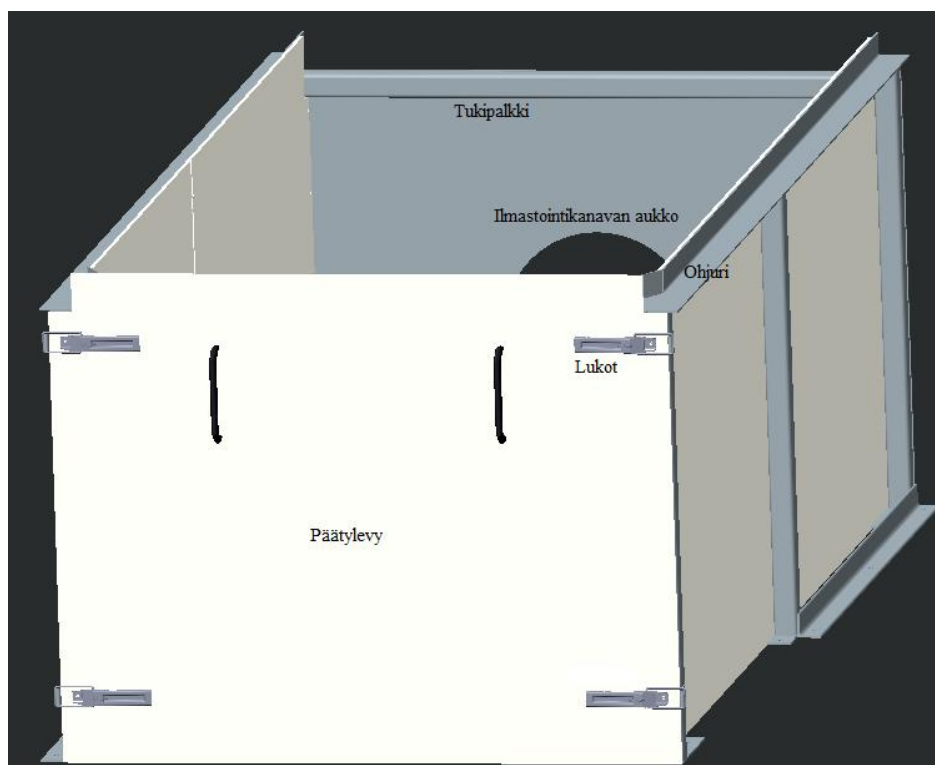
5.4.2 Lopullinen runko

Lopulliseen runkoon (kuva 22) lisätään vielä laatikon laittamista helpottavat ohjauslevyt L-profiiliin. Ne tullaan kiinnittämään hitsaamalla. Lopullisen rungon mitat löytyvät liitteestä 6. Kuivaamon runkoa rakentaessa pitää ottaa huomioon, että kaikki rungon ja merikontin väliin jäävät reiät tulee eristää, jotta kuivauksen aikana tapahtuvat hävikit saadaan mahdollisimman vähäisiksi. Runkoon lisättiin tukipalkit, jotka estävät sivusuuntaiset voimat. Näillä saatiin tuettua runkoa ja lisättyä sen kestävyyttä. Etummainen rungon tuki laitettiin alemmas kuin toinen, johtuen siitä, että laatikot tuodaan trukilla kuivaamon sisälle. Tällöin tuki ei ole rullakon edessä. Runko tullaan laittamaan lattiaan kiinni ja tälle on varattu yhteensä 18 pultin paikkaa. Pultteina voidaan käyttää haponkestäviä kiila-ankkureita S-KAH 10x80 (Ruuvi 2014). Rungon osien liittäminen tullaan toteuttamaan hitsaamalla ja näin ollen ei tarvitse käyttää muita pultteja rungon yhteen liittämiseksi. Nailonlevyt rungossa ovat irrotettavissa ja näin ollen peseminen helpottuu.

Rungon takaosaan hitsataan vielä haponkestävästä teräksestä valmistettu levy. Tällä saadaan päätyyn jäävät raot tiivistettyä. Kontin ja päätylevyn väliin tulee laittaa palovillaa. Levyyn tehdään aukko ilmastointiputkelle. Levyyn hitsataan 150 mm kaulus, johon voidaan kiinnittää ilmastointikanava. Ilmastointikanavan kiinnitys tullaan toteuttamaan niin, että putki on mahdollista irrottaa. Kanavan kiinnitys tullaan toteuttamaan joko ruuveilla tai pantalukolla.

Rungon sivuihin asennetaan nailonlevyt, jotka estävät ilman virtausta pois kehikon sisältä. Rungon sivuihin tulevat nailonlevyt voidaan kiinnittää DIN 7991 M4x16 A4 ruuveilla (Wurth 2014). Ruuveille tehdään valmiskierteet neliöputkeen ja nailonlevyyn

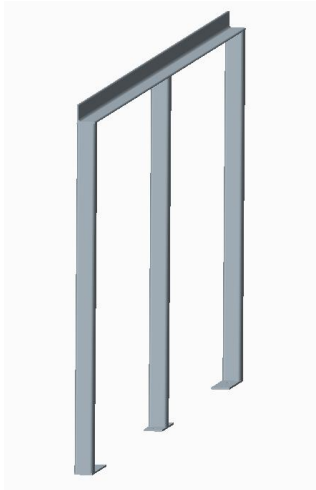
porataan reiät. Rungon pätyyn asennetaan vielä lukot tai salvat, joilla voidaan lukita pätyyn tuleva nailonlevy kiinni. Lukkoina voidaan käyttää melkein mitä tahansa salpoja. Pätyyn tuleva nailonlevy peittää runkoon jäävän aukon ja näin ilma ei pääse päädyistä ulos. Levyyn laitetaan vielä kädensijat levyn irrottamisen ja kantamisen helpottamiseksi. Päädyn nailonlevystä joudutaan kulmista ottamaan vielä pienet palat pois, jotta sisällä olevat ohjauslevyt pääsevät kääntymään.



Kuva 22 . Lopullinen runko (Rantakangas 2014).

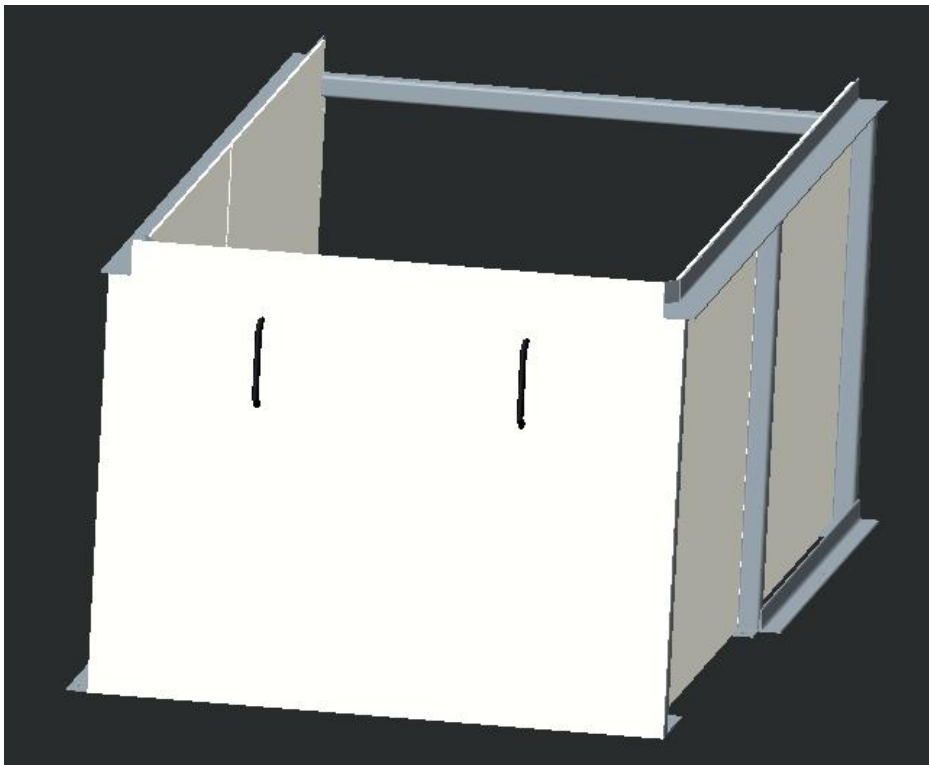
5.4.3 Muita runkovaihtoehtoja

Ensin suunniteltiin rungon palkit kulmatangosta, jonka mitat olivat 50x50x5 (kuva 23). Tällä palkilla rakennelma olisi myös kestänyt hyvin. Huomattiin kuitenkin suunniteltaessa, että tällä ratkaisulla rullakoiden sijoittaminen kiskoille olisi ollut haastavaa. Kulmatankoon jää vain 45 mm tilaa, johon renkaat laitetaan. Päädyin siis käyttämään L-profiilia, jonka avulla saatiin lisää leveyttä kiskoille. Tällöin rullakoiden asettaminen trukilla kiskoille helpottuu huomattavasti.



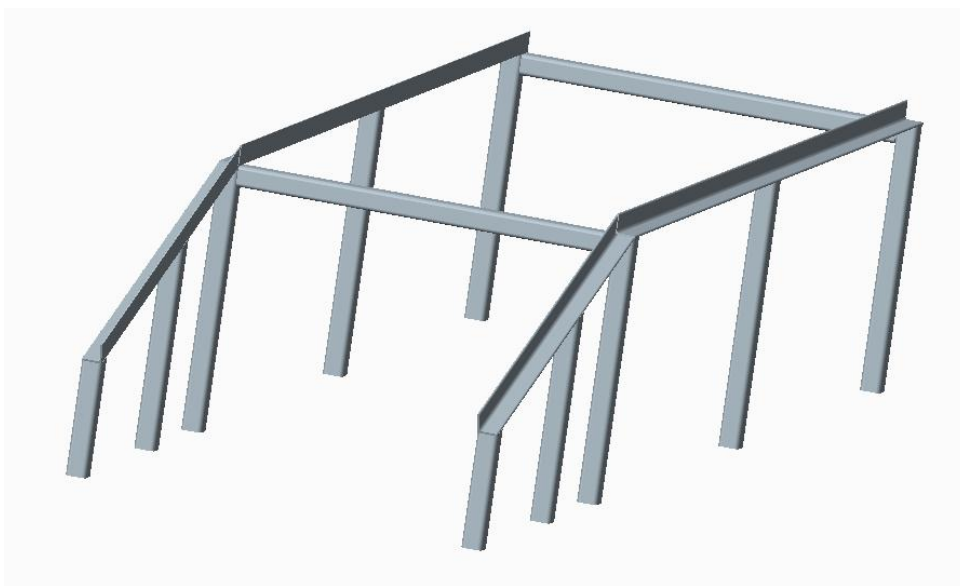
Kuva 23 . Runko on tehty kulmatangosta 50x50x5 (Rantakangas 2014).

Toinen runkovaihtoehto oli ilman takalevyä (kuva 24). Lopulliseen malliin laitettiin kuitenkin ilmastointikanavan kiinnittämistä helpottava takalevy. Ilmastointikanava voidaan liittää siihen pikaliittimellä. Takalevyn tarkoitus on myös tiivistää takaseinään jäävät reiän paikat. Päätynailonlevyyn lisättiin lopulliseen malliin vielä kiinnittämistä helpottavat salvat. Tällä saadaan nailonlevyn kiinnitys toteutettua helposti.



Kuva 24 . Toinen runkovaihtoehto (Rantakangas 2014).

Kolmas runkovaihtoehto hahmoteltiin kulmatangosta (kuva 25). Tarkoitus oli ohjata rullakot vinossa olevia kulmatankoja pitkin ylös. Tämä runkomalli ei olisi kuitenkaan sopinut tuohon pienempään konttiin, koska rullakoita ei olisi saatu mahtumaan siihen tarpeeksi. Ensin tarkoitus oli mitoittaa runko 20-jalkaiseen konttiin. Tämä vaihtui kuitenkin opinnäytetyön aikana 10-jalkaiseen konttiin. Isompaan konttiin oli tarkoitus tulla myös enemmän rullakoita. Tällöin yhden rullakon paino olisi pienentynyt, jolloin ne olisi voitu työntää ylös asti helpommin.



Kuva 25 . Kolmas runkovaihtoehto (Rantakangas 2014).

5.4.4 Ohjauslevyt

Toimeksiantajan kokemuksen ja näkemyksen perusteella tulee suunnitella ilmanohjauslevyt. Ohjauslevyn tarkoitus on peittää mahdollisimman hyvin alueet, joihin ilmaa ei haluta ja näin ollen ohjata virtaavaa ilmaa kohti poistoputkea, joka sijaitsee kuivaamon katossa. Levyt tuleaan tekemään nailonista ja ne kiinnitetään kuivaamon seinälle sarnanoilla. Levyille asetetaan pienet kiinnikkeet L-profiilin alalaitaan, jonka varassa ne nojaavat kuivauksen aikana. Kiinnikkeistä tulee tehdä helposti aukeavat, koska kuivaamoon mennään kääntelemään kaloja, jolloin levyt joudutaan siirtämään pois edestä. Kuivaamon seiniin asetetaan pehmusteet, jotta levyt voidaan laskea niille lepäämään, kun kuivaus ei ole käynnissä. Tällöin levyt eivät ole tiellä esimerkiksi sisätiloja pestäessä. Lopullisia mittoja levyille tässä opinnäytetyössä on vaikea määrittää tai laskea. Ne joudutaan mittaamaan vasta kun merikontti on hankittu. Konttien sisätilojen pituudet

voivat vaihdella ja kuivaamon kontti tullaan hankkimaan käytettynä. Rakennusvaiheessa tehdyillä mitoituksilla voidaan minimoida levyjen ja rakenteiden väliin jäävät raot ja näin parantaa ilman virtausta.

5.5 Rullakon suunnittelu

Rullakoiden suunnittelu tullaan toteuttamaan toimeksiantajan vaatimusten mukaisesti. Tarkoitus oli, että rullakoihin mahtuisi noin 300 kg tuoretta kalaa kerralla. Rullakon tarkoituksena on antaa kalalle mahdollisimman tasainen kuivausedellytys ja kalojen on tarkoitus kuivua tasaisesti. Puhdistettavuus on avainasemassa rullakoiden suunnittelussa, koska laitteet tulee olla desinfioitavissa. Rullakot tullaan sijoittamaan kuivaamon sisälle kuivauksen aikana. Laatikot nostetaan kiskoille trukin avulla ja siitä niitä on helppo siirrellä kuivaamon perälle. Rullakoiden liikuttelu kuivaamossa tapahtuu rullakoissa olevien pyörien avulla. Toimeksiantajan ainoa varsinainen vaatimus oli, että kuivaamosta tehtäisiin mahdollisimman yksinkertainen. Näin ollen suunnittelussa tuli ottaa huomioon tämä asia. Suunnittelussa otin mallia jo olemassa olevista kuivauslaatikoista.

5.5.1 Laatikon korkeuden määrittäminen

Kaloja tulee yhdelle rutilälle 150 kg ja tällöin tuli selvittää, kuinka paksu kerros kalaa yhdelle rutilälle tulisi. Laskennalla voitiin selvittää, kuinka korkea laatikko vaaditaan, jotta kalat mahtuvat siihen. Kalan tilavuus voidaan määrittää kun tiedetään kalan paino. Kalan pituus ja halkaisija menevät samassa suhteessa. Eli jos kalan paino on 10 g, niin kalan pituus tällöin on 10 cm ja halkaisija 10 mm (Nylander 2014). Lasketaan kahdella eri kalan painolla, 10 g ja 15 g.

Ensin laskettiin, kuinka monta kappaletta kaloja tulee noin suurin piirtein yhdelle rutilälle.

10 g kala

$$kpl_{määrä} = \frac{m_{koko}}{m_{yhden}} = \frac{150 \text{ kg}}{0,01 \text{ kg}} = 15000 \text{ kpl}$$

m_{koko} = tuoreen kalan massa yhdellä rutilällä

m_{yhden} = yhden kalan massa (10 g)

$kpl_{\text{määrä}}$ = kalojen kappalemäärä yhdellä rutilällä

Oletettiin kalan olevan tynnyrin muotoinen. Tällöin voitiin selvittää kalojen tilavuus. Seuraavalla kaavalla saatiin selville, kuinka suuri on yhden kalan tilavuus.

$$V_{\text{yhden}} = \frac{1}{3} * \pi * h(2R^2 + r^2) = \frac{1}{3} * \pi * 0,1 \text{ m}(2 * 0,01^2 \text{ m} + 0,008^2 \text{ m}) = 2,76 * 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ (Valtanen 2010, 31)}$$

V_{yhden} = yhden kalan tilavuus

h = kalan pituus

R = kalan halkaisija

r = oletettu kalan ja pyrstön halkaisija 8 mm

Seuraavaksi laskettiin, kuinka suuri tilavuus on, kun 10 g kaloja on 15000 kpl. Se voitiin laskea kaavalla.

$$V_{\text{koko}} = kpl_{\text{määrä}} * V_{\text{yhden}} = 15000 \text{ kpl} * 2,76 * 10^{-6} \text{ m}^3 = 0,0414 \text{ m}^3$$

V_{koko} = kalojen tilavuus

10 g kalojen tilavuus on siis 0,0414 m³. Nyt voitiin laskea, kuinka korkea laatikon tulisi olla. Se voidaan selvittää, kun ajatellaan laatikon olevan suorakulmainen särmiö. Suorakulmaisesta särmiöstä tuli laskea sen korkeus.

$$a = \frac{V_{\text{koko}}}{bc} = \frac{0,0414 \text{ m}^3}{1,204 \text{ m} * 1,164 \text{ m}} = 0,0295 \text{ m} \text{ (Valtanen 2010, 28)}$$

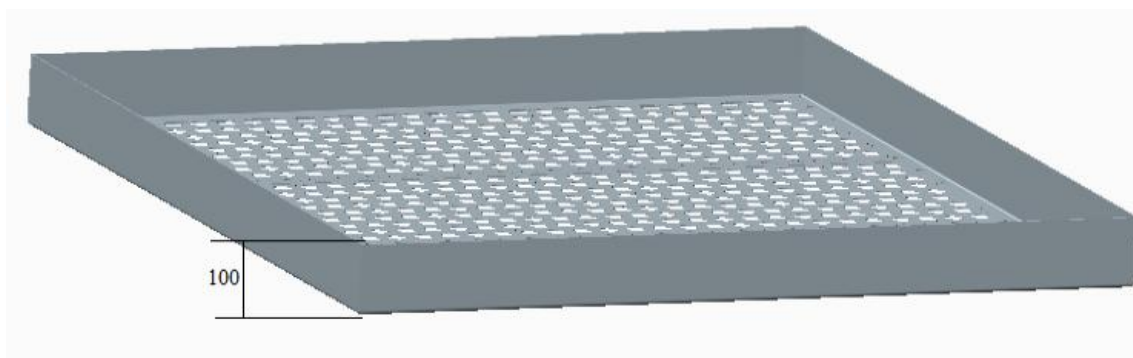
a = korkeus

V_{koko} = kalojen tilavuus

b = lopullisen rutilän pituus

c = lopullisen rutilän leveys

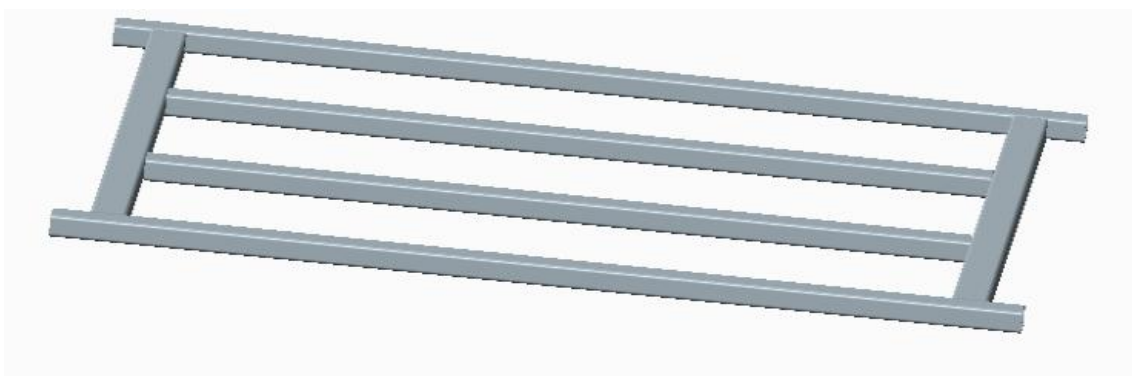
Yhdelle ritilälle 10 g kaloja tulee noin 3 cm. Samoilla kaavoilla voitiin selvittää myös, kuinka paksu kerros tulee 15 g kaloja. 15 g kalojen paksuus olisi noin 6,5 cm. Laatikon korkeudeksi laitettiin 10 cm (kuva 26). Tällöin rullakkoa liikuteltaessa ei kaloja pääse lentämään laatikosta pois. Laatikon korkeudessa on myös varaa lisätä kalan määrää, jolloin kuivauskapasiteetti kasvaa.



Kuva 26 . Kalalaatikko, joka tulee rullakon sisälle (Rantakangas 2014).

5.5.2 Pohjarungon kestävyys

Rullakon lujuuslaskennassa kiinnitin huomiota varsinkin rullakon pohjan kestävyys. Pohjan tuli kestää myös se, kun trukilla nostetaan laatikkoa. Arvioitiin, että tämän mukaan tulee pohjarungon kestävyys arvioida. Pohja rakennettiin kuudesta haponkestävästä suorakaideputkesta (kuva 27). Mitat löytyvät liitteestä 6.



Kuva 27 . Pohjarunko, johon kalalaatikko tulee (Rantakangas 2014).

Putkien kokojen määrittäminen aloitettiin laskemalla pisimmälle putkelle tuleva voima, kun trukilla nostetaan rullakkoa. Trukkipiikkien maksimietäisyys rullakkoa nostettaessa saa

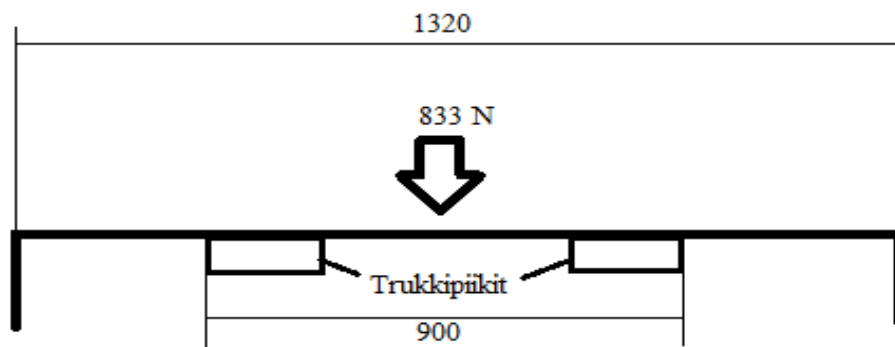
olla korkeintaan 900 mm, koska muuten trukkipiikit osuvat rungossa oleviin ohjureihin. Näin ollen suorakaideputkiin kohdistuva voima voitiin laskea trukkipiikkien maksimietäisyyden mukaan. Trukkipiikkien pituus on yleensä 1200 mm. Mitoitin pohjan palkkien etäisyyden niin, että trukin piikit ulottuvat vähintään kolmen suorakaideputken alle. Voima voitiin siis jakaa kolmelle palkille. Voiman aiheuttaa kalojen paino, joka on 150 kg. Mitoitin kuitenkin palkin kestäämään 250 kg painon. Tässä laskelmassa on otettu huomioon myös rullakon paino. Tällöin voidaan kaloja lisätä ritilälle, jos tulevaisuudessa kuivauskapasiteetin tarve kasvaa. Voimaksi yhdelle putkelle tulee siis 833 N. Ajatellaan, että voima olisi vielä pistekuormana trukin piikkien keskellä (kuva 28). Voitiin siis laskea suorakaideputkeen kohdistuva momentti seuraavalla kaavalla.

$$M = \frac{F \cdot l}{4} = \frac{833 \text{ N} \cdot 900 \text{ mm}}{4} = 187425 \text{ Nmm} \text{ (Valtanen 2010, 465)}$$

M= momentti

F= voima

l= trukkipiikkien maksimietäisyys



Kuva 28 . Trukilla nostetaan rullakkoa (Rantakangas 2014).

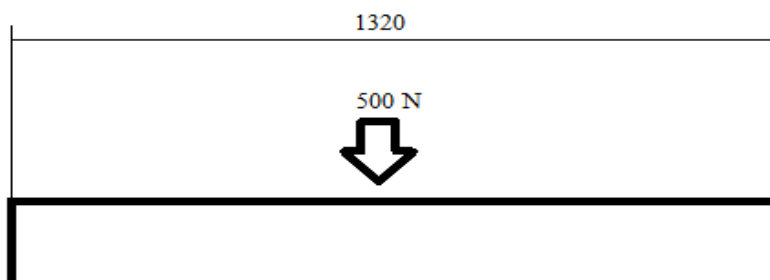
Momentiksi saatiin 187425 Nmm. Tämän avulla voitiin laskea putkelle vaadittu taivutusvastus, jonka avulla putki voitiin valita. Taivutusvastus saatiin laskettua seuraavalla kaavalla.

$$W = \frac{M}{\sigma_{sall}} = \frac{187425 \text{ Nmm}}{146,67 \text{ N/mm}^2} = 1277,87 \text{ mm}^3 \text{ (Valtanen 2010, 461)}$$

W= taivutusvastus

Taivutusvastuksen mukaan valittiin palkiksi haponkestävä suorakaideputki, jonka mitta on 50x30x2. Putken taivutusvastus on 2860 mm^3 , joten voitiin siis todeta sen kestävän.

Vertailun vuoksi laskettiin, paljonko taivutusvastusta vaadittaisiin putkelta sen ollessa rungon palkkien päällä. Tässä voimaksi ajateltiin tulevan vain kalojen paino eli noin 2000 N. Voima vaikuttaa yhteensä neljälle rungon suorakaideputkelle tasaisesti. Kuormaksi tulee yhdelle putkelle silloin 500 N. Pisimmän suorakaideputken pituus on 1320 mm. Ajateltiin voiman tulevan pistekuormana putken keskelle (kuva 29). Putki on päistään tuettu, koska se makaa renkaiden päällä. Putken taivutusvastus voitiin laskea samalla tavalla kuin ylempänä. Putken taivutusvastukseksi tuli $1124,97 \text{ mm}^3$. Suorakaideputki voitiin siis valita aikaisempien laskujen mukaan.



Kuva 29 . Suorakaideputkeen vaikuttava voima (Rantakangas 2014).

Pohjarunko toteutettiin niin, että nailonpyörät kulkevat kiskojen ulkopuolella. Näin olen kiskon ja pohjan väliin jää mahdollisimman vähän tilaa. Pohjarungon tulee kestää siis rullakon kuljetus.

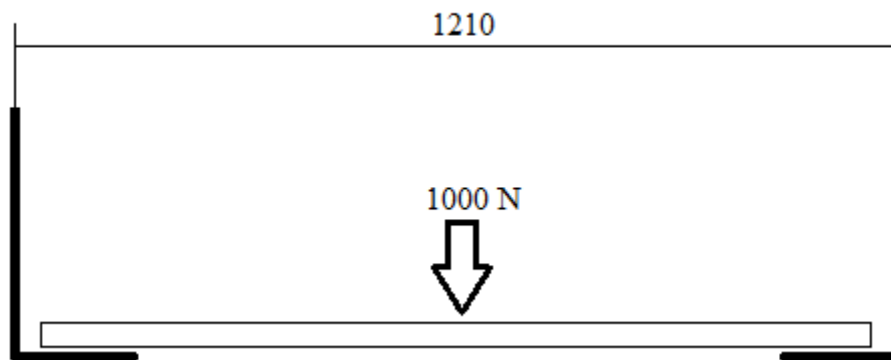
5.5.3 Kalalaatikon laskut

Kalalaatikon korkeus määriteltiin aikaisemmin (100 mm). Laatikoon on tarkoitus tulla reikälevy. Levyn päälle tulevat kuivattavat kalat. Laatikon sivut on tehty 3 mm paksusta haponkestävästä levystä. Levystä on prässätty 90° kulmassa oleva L-profiili, jonka korkeus on 100 mm ja leveys 30 mm. Laatikoon laitettiin vielä lattatangot samoihin kohtiin, missä pohjarungossa ovat välipalkit ovat. Tällä saatiin tuettua reikälevyä (kuva 30). Laatikon mitat löytyvät liitteestä 6.



Kuva 30 . Rullakkoon tuleva kalalaatikko (Rantakangas 2014).

Kalalaatikon määrittäminen aloitettiin L-profiilien kestävydestä. L-profiiliin vaikuttaa kalojen paino (200 kg), joka voidaan jakaa tasan kahden palkin kesken. Yhdelle L-profiilille tulee siis 500 N. Ajatellaan painon tulevan laatikon pisimmälle sivulle eli 1210 mm. Keskelle kohdistuu tällöin 1000 N voima (kuva 31). Yhteen L-profiiliin vaikuttava momentti voitiin laskea, kun ajatellaan voiman tulevan pistekuormana levyn keskelle. Laskenta toteutettiin seuraavalla kaavalla.



Kuva 31 . L-profiiliin vaikuttava voima (Rantakangas 2014)

Laskettiin, kuinka suuri momentti aiheutuu L-profiiliin. Tämän jälkeen voitiin laskea taivutusvastus. Laskuihin voitiin käyttää aikaisemmin käyttämiä kaavoja. Vaadituksi taivutusvastukseksi saatiin 2062,45 mm³. Seuraavaksi laskettiin valitun L-profiilin taivutusvastus ja se saatiin kaavoista.

$$e_1 = \frac{aH^2 + bd^2}{2(aH + bd)} = \frac{3 \text{ mm} \cdot 100^2 \text{ mm} + 27 \text{ mm} \cdot 3^2 \text{ mm}}{2(3 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm} + 27 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm})} = 39,689 \text{ mm} \text{ (Valtanen 2010, 406)}$$

e_1 = reunaetäisyys

a = L-profiilin paksuus

H = L-profiilin korkeus

b = leveys (30 mm) – a (3 mm)

d = L-profiilin paksuus

Laskettiin toinen reunaetäisyys.

$$e_2 = H - e_1 = 100 \text{ mm} - 39.689 \text{ mm} = 60,311 \text{ mm} \text{ (Valtanen 2010, 406)}$$

e_2 =reunaetäisyys

Reunaetäisyyksien avulla voitiin laskea L-profiilin neliömomentti, jonka avulla voitiin määrittää taivutusvastus. Neliömomentti saatiin seuraavalla kaavalla.

$$I_z = \frac{(B \cdot e_1^3 - b \cdot h^3 + a \cdot e_2^3)}{3} = \frac{(30 \text{ mm} \cdot 39,69^3 \text{ mm} - 27 \text{ mm} \cdot 50 \text{ mm} + 3 \text{ mm} \cdot 60,31^3 \text{ mm})}{3} = 280036 \text{ mm}^4$$

(Valtanen 2010, 406)

B = L-profiilin leveys

h = L-profiilin korkeus/2

I_z = neliömomentti

Neliömomentin avulla voidaan laskea taivutusvastus L-profiilille.

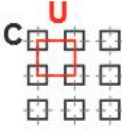
$$W_{z2} = \frac{I_z}{e_2} = \frac{280036 \text{ mm}^4}{60,31 \text{ mm}} = 4643,28 \text{ mm}^3 \text{ (Valtanen 2010, 406)}$$

W_{z2} = taivutusvastus

Valitun L-profiilin 100x30x3 taivutusvastus on 4643 mm³. Tulosta voitiin verrata tuohon vaadittuun taivutusvastukseen 2062,45 mm³ ja todeta, että L-profiili tulee kestävä.

5.5.4 Reikälevyn laskeminen

Seuraavaksi laskettiin reikälevyn kestäminen. Reikälevyksi valittiin haponkestävä levy neliörei'illä. Neliön koko on 5,5 mm, reikäjako on 8 mm ja reikien pinta-ala 47,3 % koko levyn pinta-alasta (kuva 32). Levy valittiin sen takia pienillä rei'illä, että kalat eivät mene verkosta läpi. Pienimmät kalat, joita kuivataan, voivat olla alle 5 cm. Testauksen yhteydessä tulisi testata miten levy käyttäytyy, kun siihen laitetaan kaloja. Ajatuksena oli, että levyä ei laiteta millään kiinni laatikkoon. Levy voidaan kuitenkin piste-hitsata laatikkoon kiinni jos se ei pysy paikoillaan tai alkaa taipua sivuista.

REIÄN KOKO mm		JAKO mm	LEVYN VAHVUUS mm														REIKÄ ALA %
			0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	
	C 2,5	U 5															25
	C 3	U 7															18,4
	C 3,5	U 6															34
	C 4	U 6															44,4
	C 4,5	U 7															41,3
	C 5	U 8															39,1
	C 5,5	U 8															47,3
	C 6	U 9															44,4
	C 8	U 10															64
	C 10	U 12															69,4
	C 10	U 13															59,2
	C 10	U 15															44,4
	C 10	U 16															39,1
	C 10	U 18															30,9
	C 11	U 15															53,8
	C 12	U 16															56,3
	C 12	U 17															49,8
	C 13	U 16															66
	C 14	U 18															60,5
	C 15	U 20															56,3
	C 15	U 22															46,5
	C 20	U 23															75,6
	C 30	U 35															73,5
	C 50	U 60															69,4

Kuva 32 . Valittu reikälevy (Spinea 2014).

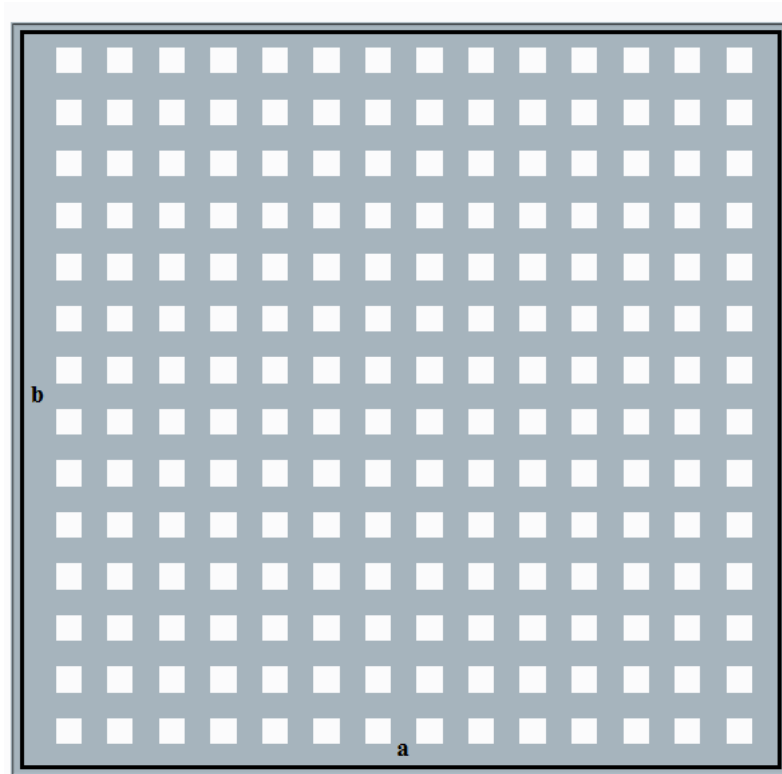
Laskettiin ensin levyn pinta-ala (kuva 33). Levyn koko on 1190x1150x1,5.

$$A = a * b = 1190 \text{ mm} * 1150 \text{ mm} = 1368500 \text{ mm}^2 \text{ (Valtanen 2010, 23)}$$

a= pituus

b= leveys

A= pinta-ala



Kuva 33 . Levy ennen tukien lisäystä (Rantakangas 2014).

Kaavaan tuli vielä määrittää sivujen suhdekerroin. Suhdekerroin saatiin valittua taulukosta 8.

$$C_2 = \frac{a}{b} = \frac{1190 \text{ mm}}{1150 \text{ mm}} = 1,03 \text{ (Valtanen 2010, 428)}$$

C_2 = suhdekerroin

Taulukko 8. Suhdekerroin levyn laskentaan (Valtanen 2010, 428)

a/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	∞
C₁	0.3078	0.3834	0.4356	0.4680	0.4872	0.4974	0.500
C₂	0.1386	0.1794	0.2094	0.2286	0.2406	0.2472	0.2500
C₃	0.0138	0.0188	0.0226	0.0251	0.0267	0.0277	0.0284

Seuraavaksi laskettiin vielä levyyn tasan vaikuttava kuormitus. Voimaksi ajateltiin kalojen paino, eli 2000 N. Se vaikuttaa levyn keskelle.

$$p = \frac{F}{A} = \frac{2000 \text{ N}}{1368500 \text{ mm}^2} = 1,46 * 10^{-3} \text{ N/mm}^2 \text{ (Valtanen 2010, 496)}$$

p= tasan jakaantunut kuormitus

Kuorman ja suhdekertoimen avulla voitiin laskea, kuinka paljon levyyn tulee jännitystä. Jännitystä voitiin sitten verrata myötörajaan 146,67 N/mm². Levyyn vaikuttava jännitys saatiin kaavasta. Kerrotaan saatu tulos vielä reikien pinta-alalla.

$$\sigma = \frac{C_2 * p * b^2}{t^2} = \frac{0,15 * 1,46 * 10^{-3} \text{ N/mm}^2 * 1150^2 \text{ mm}}{1,5^2 \text{ mm}} = 128,7 \text{ N/mm}^2 \text{ (Valtanen 2010, 428)}$$

t= levyn paksuus

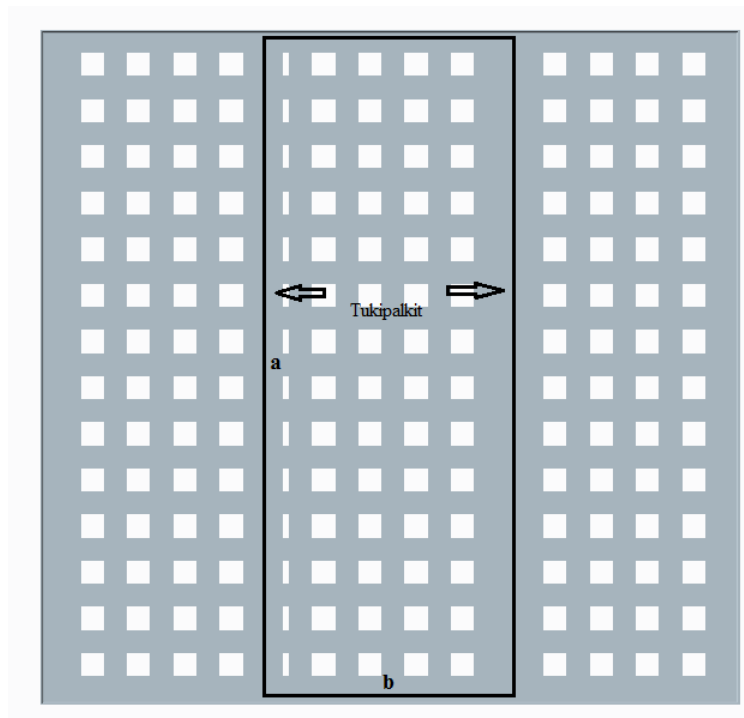
σ= levyyn vaikuttava jännitys

$$\sigma_{levyn} = \sigma * A_{reikien} = 128,7 \text{ N/mm}^2 * 1,473 = 189,61 \text{ N/mm}^2 \text{ (Nupponen, 2014)}$$

σ_{levyn}= levyn taivutusjännitys kun lisätään siihen reikien ala

A_{reikien}= reikien ala

Levyyn vaikuttava jännitys on 189,61 N/mm². Levy ei tule kestävänsä. Lisättiin tukipalkit laatikkoon. Levyä siis tuetaan kahdella lattatangolla 40x3. Nyt voitiin laskea uudestaan tuo levyyn tuleva jännitys käyttäen samaa kaavaa. Levyn pinta-ala laskettiin kahden tukitangon väliin (kuva 34). Laskettiin ensin uusi suhdekerroin. Suhdekertoimeksi saatiin sivujen muuttuessa 0,25. Pinta-alan pienentyessä levyyn vaikuttava tasainen kuorma nousee. Levyyn kohdistuva voiman voitiin ajatella jakautuvan tasaisesti levyllä. Kuvassa 34 näkyvään kohtaan kohdistuu siis kolmasosa koko voimasta eli 667 N. Tasaiseksi kuormaksi tuli 1,14*10⁻³ N/mm². Levyyn vaikuttava loppujännitys samaa kaavaa käyttäen oli 48,39 N/mm². Verrattiin tulosta vielä tuohon haponkestävän teräksen sallittuun jännitykseen 146,67 N/mm² ja voitiin todeta, että reikälevy tulee kestävänsä. Tuloksiin tulee suhtautua kuitenkin varauksella ja verkon kestäminen tulee testata käytännössä ennen käyttöönottoa.



Kuva 34 . Tukipalkkien lisäämisen jälkeen, levyn pinta-ala (Rantakangas 2014).

5.5.5 Korvakon laskeminen

Korvakkoon tulee 75 mm halkaisijaltaan oleva nailonpyörä. Korvakoihin kohdistuu rullakon ja kalojen paino eli 300 kg. Yhteen korvakkoon vaikuttaa 750 N voima. Voima jaetaan kahdella, jotta saadaan voima, joka vaikuttaa yhteen korvakon sivuun. Kestävyys voitiin laskea pintapaineen avulla ja verrata sitä haponkestävän teräksen sallittuun leikkausjännitykseen, joka on 146,67 N/mm². Korvakko tehdään 2 mm levystä. Pintapaineen kaavaan laskettiin reiän vaipan ala, joka saatiin kaavasta.

$$A_v = \pi * d * h = \pi * 14 \text{ mm} * 2 \text{ mm} = 87,96 \text{ mm}^2 \text{ (Valtanen 2010, 29)}$$

A_v = reiän vaipan ala

d = reiän halkaisija

h = levyn paksuus

Reiän vaipan pinta-ala tulee vielä jakaa kahdella, että saadaan ala johon, voima vaikuttaa. Vaipan alaksi saatiin 43,98 mm². Nyt voitiin laskea pintapaineen suuruus. Käyte-

tään samaa kaavaa kuin aikaisemmin, saatiin pintapaineeksi 8,53 N/mm². Voitiin siis todeta, että korvakko tulee kestämään tuon 750 N voiman.

Määritettiin vielä ruuvi, joka tulee korvakkoon. Ruuvi pitää nailonpyörän paikoillaan. Pyörän halkaisija on 75 mm, akselireiän halkaisija on 12 mm (Hexaplan 2014). Valitaan pultiksi DIN 931 M12x60 A4 pultti. Pultin mutteriksi valitaan DIN 934 M12 A4. (Wurth 2014.) Käytettiin kaavaa, josta selviää kuinka paljon pultti kestää leikkausta.

$$F_{v,Rd} \leq \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A \cdot m}{\gamma_{M_2}} = \frac{0,6 \cdot 700 \frac{N}{mm^2} \cdot 84,3 mm^2 \cdot 2}{1,25} = 56650 N \text{ (SFS-EN 1993-1-4 2006)}$$

$\gamma_{M_2} = 1,25$ (Eurocode laskenta perusteita)

$\alpha_v = 0,6$ (lujuusluokille 8,8)

f_{ub} = vetomurtolujuus (haponkestävä)

A = jännitys pinta-ala

F_v = leikkauskuormitus

Laskettiin myös pultin palamurtuminen. Palamurtuminen saatiin laskettua seuraavalla kaavalla.

$$V_{eff,1,Rd} \leq \frac{f_u \cdot \frac{A_{nt}}{\gamma_{M_2}} + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) \cdot f_y \cdot A_{nv}}{\gamma_{M_0}} = \frac{700 \frac{N}{mm^2} \cdot \frac{84,3 mm^2}{1,25} + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) \cdot 450 \frac{N}{mm^2} \cdot 43,98 mm^2}{1,1} = 53304 N$$

(SFS EN-1993-1-8 2005)

V_{eff} = palamurtuminen

f_u = murtoraja (haponkestävä)

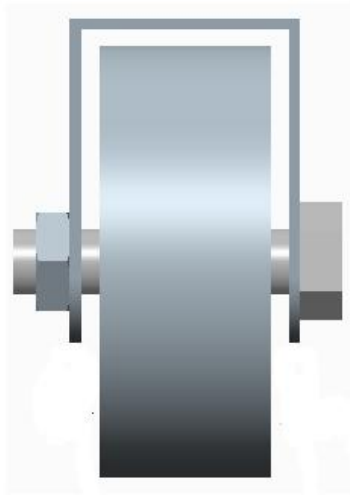
f_y = myötöraja (haponkestävä)

A_{nt} = vedon rasittama nettopinta-ala

A_{nv} = leikkauksen rasittama nettopinta-ala

$\gamma_{M_0} = 1,0$ yleisesti ja ruostumattomilla 1,1

M12 pultti tulee varmasti kestämään rullakon aiheuttaman painon. Valmis korvakko näkyy kuvassa 35.



Kuva 35 . Pohjarunkoon tuleva rengas/korvakko (Rantakangas 2014).

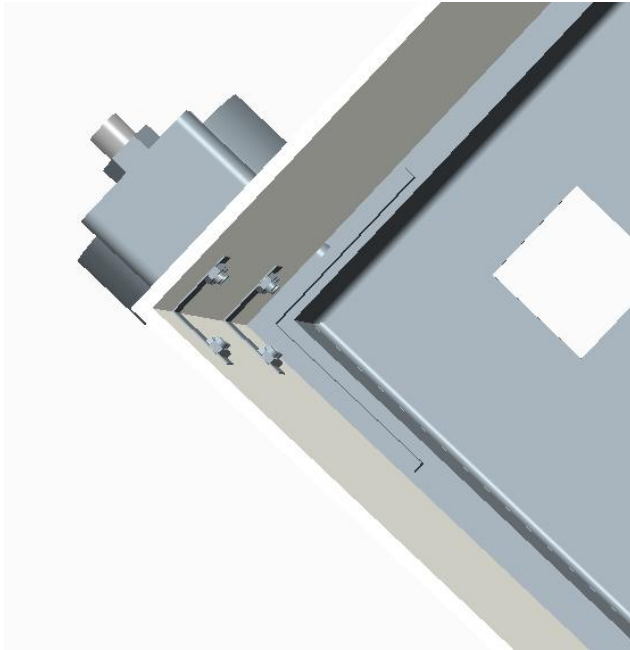
5.5.6 Lopullinen rullakko

Pohjarunko toteutettiin niin, että nailonpyörät kulkevat kiskojen ulkopuolella. Näin olen kiskon ja pohjan väliin jää mahdollisimman vähän tilaa. Tällä estetään ilman meneminen pohjan ja L-profiilin välistä. Lopulliseen pohjarunkoon (kuva 36) asetettiin kaksi poikittaista suorakaideputkea, jotka helpottavat trukilla kuljetusta. Pohjarungon tulee kestää kun rullakkoa kuljetetaan. Laatikon kokoonpanokuva löytyy liitteestä 6.



Kuva 36 . Lopullinen rullakko (Rantakangas 2014).

Pohjarungon kulmiin asetetaan pienet ohjaimet lattatangosta (kuva 37). Ohjaimien avulla saadaan rullakkoon tehty nailonlaatikko asetettua paikoilleen. Nailonlaatikon tarkoitus on ohjata ilmavirta ylöspäin kalojen lävitse. Ilmavirta saadaan kohdistettua kaloille. Kalalaatikon asentaminen paikoilleen on myös helppoa, kun voidaan käyttää samoja ohjaimia avuksi kuin nailonlaatikon paikoilleen asettamisessa.



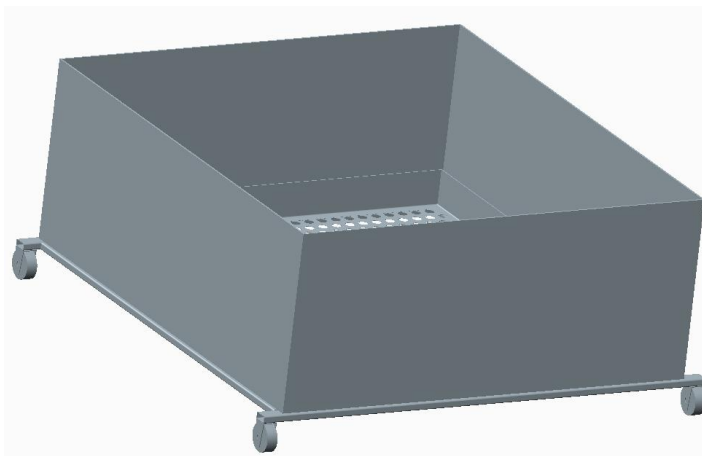
Kuva 37 . Kulmaan tuleva ohjain (Rantakangas 2014).

Nailonlaatikkoa ei kiinnitetä pohjarunkoon, joten sen puhdistettavuus helpottuu. Testausvaiheessa varmistetaan, että nailonlaatikko pysyy ilmavirran vaikutuksesta paikoillaan. Nailonlaatikon mitat löytyvät liitteestä 6. Nailonlevyjen kiinnitys toisiinsa voidaan toteuttaa ohuilla, levystä prässätyillä, kulmarautapaloilla. Ruuveina voidaan käyttää DIN 933 M4x10 A4 täyskierrerruuveja ja muttereina DIN 934 M4 A4 (Wurth 2014).

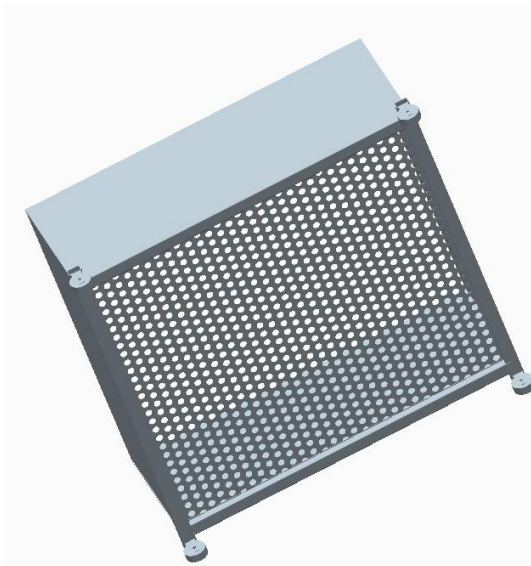
Kalalaatikossa olevaan reikälevyyn laitetaan lattatangosta tehdyt tukipalkit. Tukipalkit tulevat samoihin kohtiin kuin pohjarungon tukipalkit. Pohjarungon ja kalalaatikon tukipalkit tukevat näin toisiaan. Tämän avulla saadaan reikälevy kestäämään kalojen paino.

5.5.7 Muut rullakkovaihtoehdot

Ensin lähdettiin tekemään rullakko 40x40x2 suorakaideputkesta (kuva 38). Pohjan rungoksi laitettiin vain neljä kappaletta putkia. Huomasin kuitenkin loppuvaiheessa, että trukilla nostettaessa tämä laatikko malli ei olisi toiminut. Trukin piikit olisivat menneet laatikon pohjasta ritilälle asti ja näin nostanut kaloja ja ritilää (kuva 39). Suorakaideputken kokokaan ei olisi riittänyt, koska trukilla nostettaessa tarvitaan suurempi kestävyys putkelta kuin sen ollessa kuivaamon sisällä. Tätä mallia ei tämän vuoksi valittu kuivaamoon.

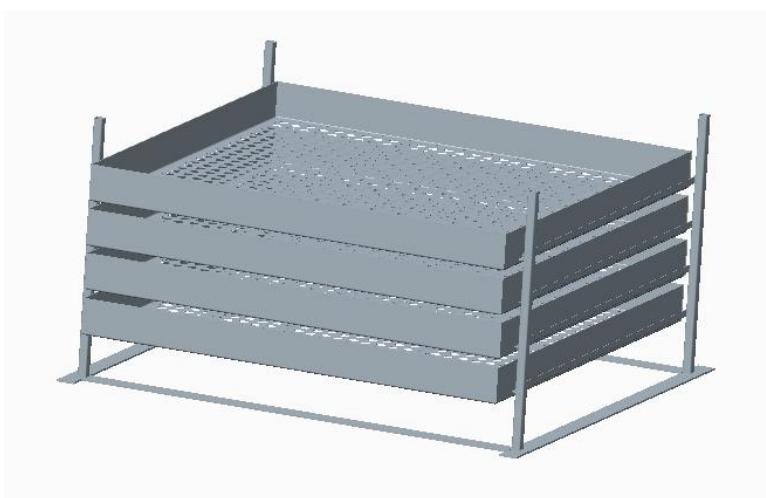


Kuva 38 . 40x20x2 suorakaideputki rullakko (Rantakangas 2014).



Kuva 39 . Rullakon pohja ennen tukia (Rantakangas 2014).

Toisessa rullakko vaihtoehdossa oli tarkoitus saada suurempi kuivauspinta-ala kaloille (kuva 40). Suunniteltiin useamman laatikon rullakko. Tässä kuitenkin materiaalia olisi mennyt turhan paljon ja kaloja yhdelle rutilälle olisi tullut vain vähän. Materiaalin paljoudesta johtuen olisi rullakon hintakin noussut roimasti. Rullakon paino olisi myös kasvanut suuresti. Laatikoiden oli tarkoitus tulla pienten rullien päälle. Laatikoita olisi ollut helppo siirrellä rullakon sisällä. Rullakon ympärille oli tarkoitus laittaa nailonista valmistettu ilmanohjain, joka tulee myös lopulliseen rullakkoon. Useamman laatikon rullakko olisi sopiva vaihtoehto, jos tulevaisuudessa katsotaan tarpeelliseksi nostaa kuivauskapasiteettia. Käytettäessä tätä mallia tulee kuitenkin huomioida rungon kestävyys.



Kuva 40 . Toinen rullakon malli (Rantakangas 2014).

5.6 Akselin suunnittelu

Kuivaamosta tuli tehdä siirreltävä, jotta se voidaan rakentaa ilman rakennuslupaa (Nylander 2014). Kuivaamoon tullaan suunnittelemaan akseli, jonka varassa kuivaamo on. Akselin tarkoitus on, että kuivaamo voidaan siirrellä. Toimeksiantajan toivomus oli, että kuivaamo voidaan siirrellä trukin avulla. Trukin piikit laitetaan kuivaamon alle ja näin kuivaamo voidaan työntää. Akselista tehdään mahdollisimman yksinkertainen.

5.6.1 Akselin lujuuslaskenta

Akselin kestävyyslaskennassa kiinnitettiin huomiota pyöreän putken kestävyyskykyyn. Akselin materiaalina voidaan käyttää rakenneterästä S 355 JR. S 355 JR myötöraja on 355 N/mm^2 (Salmi & Pajunen 2010, 433). Käytetään varmuuskerrointa 1,5 ja saadaan sallituksi leikkausjännitykseksi $236,67 \text{ N/mm}^2$. Akseli voidaan valmistaa rakenneteräksestä, koska se ei ole kosketuksessa kalojen kanssa. Kontin leveys on 2400 mm. Akselin putki hitsataan merikontin pohjaan. Putkella oletetaan olevan jäykkä rakenne niistä kohdista, joissa putki on kontin alla. Momentti vaikuttaa vain kontin ulkopuolelle tulevaan putkeen. Momentin varsi on 180 mm (kuva 41). Voitiin siis laskea putken tarvittava taivutusvastus. Ensimmäinen laskettiin momentti, joka on 2250000 Nmm . Momentin avulla voitiin laskea tarvittava taivutusvastus. Käytettiin samoja kaavoja kuin aikaisemmin ja saatiin putken tarvittavaksi taivutusvastukseksi $9506,9 \text{ mm}^3$.




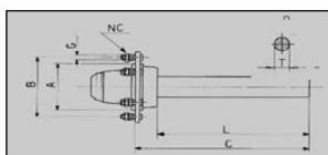
Kuva 41 . Akseliin vaikuttava voima (Rantakangas 2014).

5.6.2 Lopullinen akseli

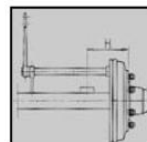
Akseliksi valittiin pyöreä rakenneputki, jonka ulkohalkaisija on 76,1 mm ja sisähalkaisija 63,5 mm. Putken taivutusvastus on 22300 mm^3 . Putki kestää tässä tapauksessa. Akselin mitat löytyvät liitteestä 6. Pyörän navoiksi valittiin valmiit navat (esimerkiksi Noramaa Oy valikoimasta kuvasta 42). Akselia tarvitaan kontissa vain sen vähäiseen siirteilyyn. Toimeksiantaja tulee myöhemmin valitsemaan renkaat, jotka sopivat napaan. Renkaiden halkaisijan koolla voidaan vaikuttaa tuloilmaputken korkeuteen.

GKN FAD - PYÖRÄN NAVAT / VARASTOKOOT

 JARRUTTOMAT	Kantavuus		Pyörän kiinnitys		Akseli		
	kg	kg			Halk.	L	C
	km/h	km/h			mm	mm	mm
Koodi	40	40	NC G A B		T=pyöreä Q=neliö		
A4041001	650	450	4 (M12x1,5)/57/100		T40	160	195
A404007	650	450	4 (M12x1,5)/62/95		T40	200	235
A455141	1000	750	5 (M16x1,5)/94/140		T45	175	220
A455120	900	600	5 (M12x1,5)/80/115		T45	200	235
A606096	1900	1500	6 (M18x1,5)/160/205		T60	300	350
A606185	1900	1500	6 (M18x1,5)/160/205		T60	275	325
A706080	2700	2050	6 (M18x1,5)/160/205		T70	350	400
A806011	3300	2500	6 (M18x1,5)/160/205		T80	350	405
A806077	4000	3100	6 (M18x1,5)/160/205		Q80	300	360
A808077	4000	3100	8 (M20x1,5)/220/275		Q80	380	440
A908032	4500	3500	8 (M20x1,5)/220/275		T90	400	460
A900011	5000	4000	10 (M22x1,5)/280/335		T90	500	570
A100014	6000	5000	10 (M22x1,5)/280/335		T100	480	550
A110009	7750	7300	10 (M22x1,5)/280/335		Q110	375	480



HUOM!
Tilauksesta myös muita
kokoja, jousitettuja aksleita
ja varaosia!



Kuva 42 . Navan valinta (Noramaa Oy 2014).

5.7 Lopullinen kuivaamo

Kuivaamon prototyypistä muodostui valmis kokonaisuus (kuva 43). Kuivaamo vastaa pitkälti vaatimuslistassa (luku 5.1 s. 44–45) olleita vaatimuksia. Kuitenkin joitakin poikkeuksia esiintyy, kuten se, että Mepun lopullinen sijoitus ratkaistaan vasta kun tuulensuoja on valmiina. Öljysäiliön sijoittaminen tullaan myös miettimään vasta, kun laitteelle on varmistunut paikka, johon se sijoitetaan. Kalojen kääntely voidaan toteuttaa kuivauksen aikana, mutta silloin tulee sammuttaa lämmينilmakehitin. Näin voidaan taata turvallinen käyminen kuivaamon sisätiloissa. Ilman suuntaukseen tulee myös kiinnittää huomiota testauksien yhteydessä. Ilman meneminen kalojen lävitse ja tasaisesti molempien rullakoiden lävitse täytyy varmistaa.

Kaikki kiinteät vaatimukset täyttyvät. Liikuteltaessa kuivaamoja tulee kuitenkin ottaa huomioon, että rullakot eivät ole kuivaamossa sisällä. Tällä varmistetaan se, että rullakot eivät pääse kaatumaan tai liikkumaan rungon päältä pois. Mepu ja tuloilmaputki tulee myös irrottaa siirtelyn ajaksi. Rullakot mitoitettiin myös niin, että ne ovat siirreltä-

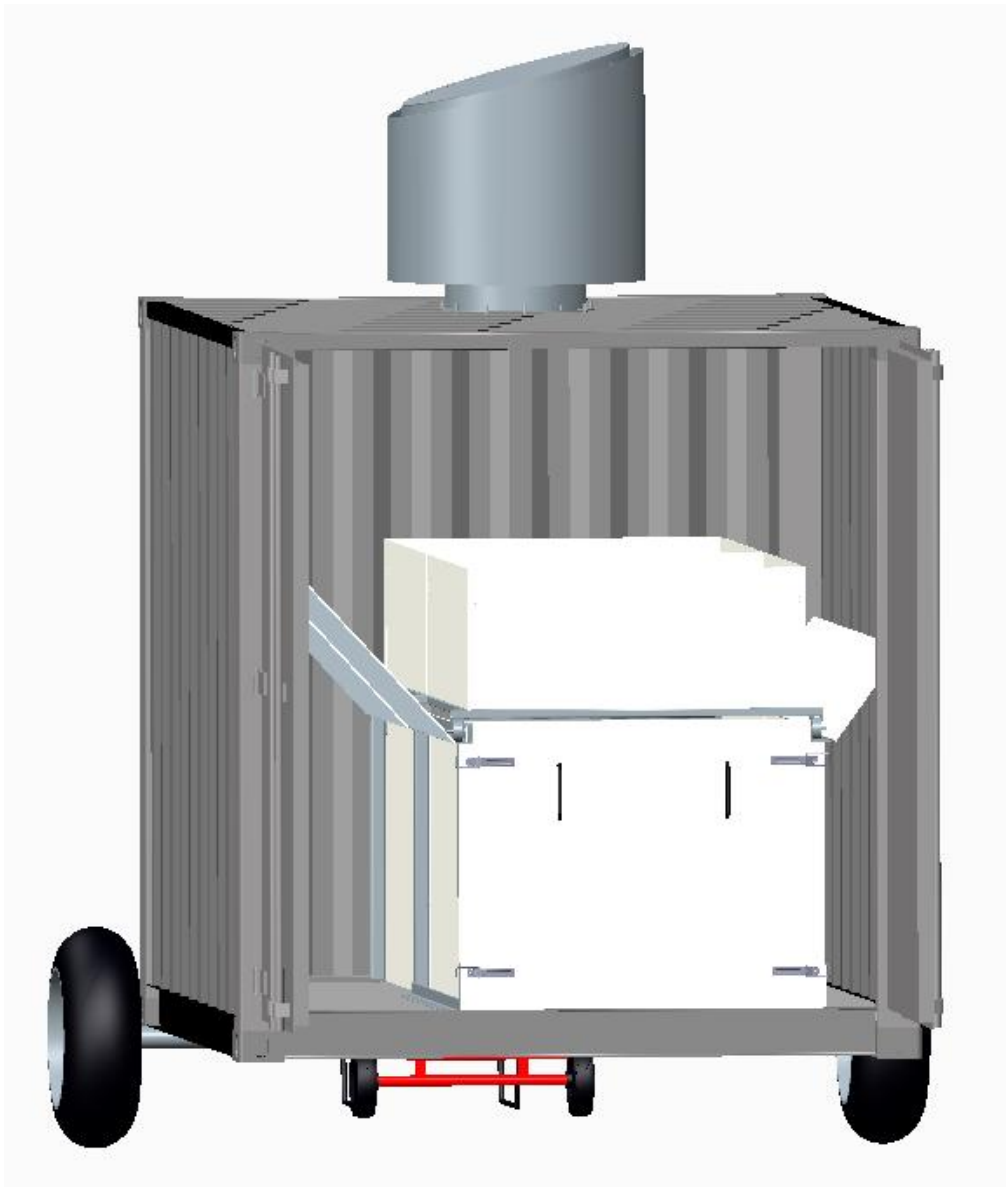
vissä trukilla. Rullakoihin tulee kuitenkin merkata trukkipiikeille paikat. Tällä varmistetaan se, että trukkipiikit eivät osu rungossa oleviin ohjaimiin.

Kiinteisiin vaatimuksiin kuului myös lämpötilan säätö, joka toteutetaan kuivaamoon sijoitetulla huonetermostaatilla. Lämpötilan säätämiseen tulevaisuudessa tulee kiinnittää huomiota. Testauksen yhteydessä tulee varmistaa, että huonetermostaatilla päästään vaadittuihin tuloksiin. Huonetermostaatin tilalle voidaan tulevaisuudessa suunnitella monimutkaisempi ratkaisu, jolla saataisiin kontin lämpötilaa säädettyä tarkemmin. Materiaaleina kuivaamon sisätiloissa käytetään vain haponkestävää terästä ja nailonia. Kaikki ruuvit tulee myös hankkia tämän mukaan.

Vaatuslistaan on merkitty myös toivomuksena materiaalien hinnat. Opinnäytetyön aikana ei kuitenkaan materiaalien hintoja lähdetty sen tarkemmin selvittämään työn laajuuden takia.

Kuivaamon komponenttien valmistus suunniteltiin mahdollisimman helpoksi. Kaikki materiaalit ovat hitsattavissa eikä pulttiliitoksia tarvita. Kuivaamon suunnittelussa käytettiin mahdollisimman paljon valmiita profiileja. Kaikki hitsit tulee kuitenkin hioa tasaiseksi, jotta puhdistettavuus kuivaamon sisätiloissa säilyy hyvänä. Nailonlevyt, jotka tulevat kuivaamon sisätiloihin, ovat kaikki irrotettavissa ja näin puhdistettavuus taataan.

Suunnittelun aikana tapahtui kiinteissä vaatimuksissa muutoksia muun muassa kontin koossa ja lämmitysratkaisussa. Muutokset otettiin huomioon lopullisessa kuivaamossa. Kuivaamon toimivuus tullaan toteamaan vasta testauksien jälkeen, mutta ei kuitenkaan ole syytä olettaa, että kuivaamo ei toimisi. Varmasti testauksien yhteydessä huomataan ongelmakohtia, koska kyseessä vasta prototyyppi. Näihin ongelmiin tulee puuttua ja ratkaista ne, jotta kuivauksesta saataisiin mahdollisimman tasainen ja vähän energiaa kuluttava.



Kuva 43 . Lopullinen kuivaamo edestä (Rantakangas 2014).

6 Yhteenveto

6.1 Projektin toteutus

Kuivaamon toteutus olisi alun perin pitänyt lähteä toteuttamaan eri tavalla. Ajan kanssa olisi tullut selvittää, miten kala käyttäytyy kuivauksen aikana. Testaaminen ei kuitenkaan ollut mahdollista, koska Eswecom in kuivaamo ei ollut käytettävissä tämän opin-
näytetyön aikana. Testauksen yhteydessä olisi voitu määrittää, kuinka kala kuivuu mis-
säkin vaiheessa kuivausta sekä miten lämpötilan lasku tai nosto vaikuttaa kuivumispro-
sessiin. Nyt kuivauslämpötilaa säätelee pelkästään huonetermostaatti, jonka avulla voi-
daan säätää kontissa olevan ilman lämpötilaa. Mittauksen yhteydessä olisi tullut myös
selvittää miten ulkoilman suhteellinen kosteus vaikuttaa kuivauksen lopputulokseen ja
kuivausaikaan. Kuten aikaisemmin todettiin viljan kanssa, loppuvaiheessa kuivaus hi-
dastuu merkittävästi. Näin käy melko varmasti myös kalan kanssa. Määritysten jälkeen
olisi voitu lähteä suunnittelemaan juuri oikeita ilmamääriä ja lämpötiloja. Näin olisi
voitu saada energiatehokas ratkaisu.

Lämmityksen suunnittelusta muodostui rajallinen, koska opinnäytetyön aikana raken-
nuslupa hylättiin tuohon pysyvään kuivaamoon. Alun perin oli siis tarkoitus suunnitella
pysyvä kuivaamo, jota ei tulla siirtelemään. Toimeksiantajan toimesta tuli kuitenkin
muutos, jonka mukaan kuivaamosta tuli tehdä siirreltävä. Tällöin kuivaamo voidaan
rakentaa. Rakennusluvan hylkääminen rajasi paljon lämmitinratkaisuja pois.

Suunnittelusta teki haastavan se, että itselläni on hyvin vähän tietoa kalan kuivauksesta
ja pitkälti mentiin sen mukaan, mitä kuulin toimeksiantajalta. Kalan kuivauksesta on
myös hyvin vähän tutkimustietoa olemassa. Näin ollen lähteitä, jotka käsittelevät kalan
kuivausta, oli hyvin vaikea löytää. Vertasin opinnäytetyössä kalan kuivausta myös vil-
jan kuivaukseen.

Suunnittelun loppuvaiheessa yhteistyö toimeksiantajan toimesta huononi. Tarvittavia
tietoja oli vaikea saada ja näin ollen suunnittelusta tuli erittäin haastavaa. Toimeksianta-
jan tulisi tarkastaa tehdyt ratkaisut, ennen kuin lähtee valmistamaan tuotetta.

6.2 Kehitysideat

Kuten kuvasta 16 s. 38 voitiin todeta, loppuvaiheessa veden poistuminen muuttuu merkittävästi. Kuivauksen parantaminen voitaisiin toteuttaa muutamalla eri menetelmällä. Kuivureita käytetään yleensä aina samoilla säädöillä riippumatta siitä, mikä kuivausvaihe on käynnissä. Kuivauksen optimointia on tutkittu melko vähän. Ulkoilman vaihtelujen johdosta olisi mahdollista säätää lämmittimen tehoa sen mukaan. Tämä voitaisiin toteuttaa öljypolttimen säädöllä. Kuivauksen aikana pyritään siihen, että lämpötila kontissa pysyy samana. Lämpötilaa voitaisiin muuttaa sen mukaan, kuinka kosteaa tuote on sisällä kontissa. Tämä vaatisi kuitenkin kosteusmittauksen suoraan kuivauksen aikana kalasta. (Hautala ym. 2013, 98.)

Kuivausilman määrää voitaisiin myös säädellä sen mukaan, kuinka paljon esimerkiksi poistoilmassa olisi suhteellista kosteutta. Ilman määrää voitaisiin laskea, kun poistoputken suhteellinen kosteus ei enää nousisi lähelle 100 %. Tällöin tiedettäisiin, että ilmaa puhalletaan liikaa kuivaamon sisälle. Mepussa säätö voitaisiin toteuttaa taajuusmuuttajalla. Taajuudella voidaan vaikuttaa puhallustehoon. Käyttäessä taajuusmuuttajaa tulee polttimoa myös säätää, että ilmasta ei tule liian lämmintä.

Kuivauksen loppuvaiheessa voitaisiin tehdä merkittäviä säästöjä myös ilmaa kierrättämällä. Ilman suhteellista kosteutta voitaisiin mitata poistoputkesta. Poistoputken suhteellisen kosteuden laskettua tietyn rajan alle, voitaisiin avata ohjauspelti, joka ohjaisi jo kertaalleen kuivaamossa käyneen ilman sinne takaisin. Ilma ei ole vielä kylläistä, jos sen suhteellinen kosteus on alle 100 %. Tämä säästäisi energiaa aika merkittävästi.

Kalan lämpötila kuivaamoon mentäessä on noin 5 astetta. Jäinen kala sulatetaan isossa vesiastiassa. Tämän jälkeen kalat asetetaan ritilöille. Tarkoitus on valuttaa kaloista ylimääräinen vesi pois. (Nylander 2014.) Kalan pinnan kunnollisella kuivaamisella voitaisiin vaikuttaa myös kuivausprosessin kestoon ja näin ollen vähentää energiankulutusta.

Tulevaisuudessa tulee myös miettiä, voidaanko kuivausprosessi automatisoida tai ainakin osittain automatisoida. Tulisi myös harkita onko tällä tarvetta ja kuinka paljon automaatiolaitteiston hankkiminen maksaisi. Automatisoinnilla saataisiin tasaisemman laatuista tuotetta eikä kuivauksen aikana tarvitse kokoajan olla paikalla. Automaatio

voitaisiin toteuttaa pienen ohjelmoitavan logiikan avulla. Logiikkaan voitaisiin liittää antureita, jotka mittaisivat prosessista arvoja. Voitaisiin esimerkiksi mitata kalan pintalämpötila, jonka mukaan automaatiojärjestelmä säätäisi kuivausta. Kalan lämpötilan ollessa alhainen voitaisiin lämpötilaa nostaa ja näin ollen vaikuttaa ilman suhteelliseen kosteuteen. Poistoilmaputkeen voitaisiin liittää suhteellisen kosteuden mittari, jonka mukaan voitaisiin ilma määrää pienentää tai nostaa. Ilman kierrättäminen olisi automaatiojärjestelmää käytettäessä myös huomattavasti helpompaa kuin mekaanisten säätöjen käyttäminen. Automaation avulla voitaisiin aukaista säätöpeltejä ja ohjata ilmavirtaa eri kanaviin. Esimerkiksi poistoilman suhteellisen kosteuden ollessa pieni, voitaisiin automaation avulla osa poistoilmasta ohjata tuloilmaan ja vähentää samalla lämminilmakehittimen ilma määrän tuotantoa. Automaation avulla saataisiin varmasti hyötyä myös energian kulutuksessa, koska hukkailmaa eri antureita käytettäessä ei tulisi läheskään yhtä paljon kuin ilman mittauksia. Automaation käyttöä tulisi testata, kun tuote saadaan valmiiksi. Ilmamäärälle ja lämpötiloille tulisi säätää arvot, jonka mukaan kuivaus etenisi. Testauksien yhteydessä tulee hakea kuivauksen optimiarvot, jotta saadaan mahdollisimman tasainen ja hyvälaatuinen lopputulos.

6.3 Ammatillinen kasvu

Työn aikana tuli vastaan haasteita, joita en aikaisemmin opiskeluaikana ole kohdannut. Ongelmat tuli ratkaista toimeksiantajan kanssa keskustelemalla ja omien päätelmien kautta. Tämä osoittautui erittäin mielenkiintoiseksi näkökulmaksi. Ratkaisut eivät synny hetkessä, ja suunnitteluun tarvittiin malttia ja päättäväisyyttä.

Valitsin opinnäytetyön aiheeksi tehtävän suunnitella prototyyppi siirreltävästä kuivaamosta, koska se kuulosti aiheena erittäin mielenkiintoiselta. Aihe oli mielestäni erityisen kiinnostava siksi, että suunnitelmiin sisältyi myös automaation suunnittelua. Tämä suunnitelma kuitenkin kariutui, kun rakennuslupa hylättiin kiinteälle lämmittimelle. Kuivaamon suunnittelusta tulikin tämän jälkeen erittäin haastavaa, koska suuntauduin automaation puolelle ja työssä taas tarvittiin paljon mekaniikkasuunnittelua. Aluksi mallintaminen Creo 2.0 ohjelmistolla tuntuikin vaikealta, koska olen opiskellut vain perusteet sen käytöstä. Alun hankaluuksien jälkeen mallinnus sujui kuitenkin hyvin. Opin todella paljon ohjelman käytöstä. Tulevaisuudessa ohjelmiston hallinnasta on

varmasti paljon hyötyä. Huomasin valmistuskuvia tehdessä, että mallintamisen aikana osien nimeäminen on erittäin tärkeää.

Lähteet

- Airila, M. Ekman, K. Hautala, P. Kivioja, S. Kleimola, M. Martikka, H. Miettinen, J. Niemi, E. Ranta, A. Rinkinen, J. Salonen, P. Verho, A. Vilenius, M & Välimaa, V. 1995. Koneenosien suunnittelu. Juva. WSOY.
- Arason, S. 2003. The drying of fish and utilization of geothermal energy. Reykjavik. <http://geoheat.oit.edu/bulletin/bull24-4/art7.pdf> 3.4. 2014.
- Clucas, I.J. 1982. Fish Handling, Preservation and Processing in the Tropics: Part 2. Tropical Development and Research Institute. <http://www.nzdl.org/gsdmod?e=d-00000-00---off-0fnl2.2--00-0---0-10-0--0---0direct-10---4-----0-1l--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4---0-0-11-10-OutfZz-8-10&a=d&c=fnl2.2&cl=CL3.44&d=HASH7ac30d9b35422de1ae5029.1> 4.3.2014.
- Etra. 2010. Tekniset muovit. <http://www.etra.fi/uploads/pdf/Muoviluettelo2010pdf.pdf> 2.4.2014.
- Evira. 2014. Rehut. <http://www.evira.fi/portal/fi/elaimet/rehut/> 3.3.2014.
- Fläktwoods. 2014. <http://www.flaktwoods.fi/b74e3dfd-1c81-4eed-b9dc-835fe3628ad9> 24.3.2014.
- Fläktwoods. 2014. Tekninen esite. <http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Tuotteet/Ilmastointi/Ilmastointikanavat%20ja%20kanavavarusteet/EYMA.pdf> 22.4.2014.
- G Style A.S. 2014. Tekniset tiedot AISI 316. <http://www.gstyle.com/en/download/AISI316.pdf> 1.4.2014.
- Hautala, M & Peltonen, H. 2009. Insinöörin (AMK) fysiikka. Saarijärvi. Lahden Teho-Opetus OY.
- Hautala, M. Jokiniemi, T & Ahokas, J. 2013. Maatilakuivurit. <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/59/Maatilakuivurit.pdf> 6.4.2014.
- Hexaplan. 2014. Nailon-irtopyörät 200–600 kg. http://www.hexaplan.fi/index.php?article_id=1826&__from_id__=4070&product_group=19845 14.4.2014.
- Hill, D.S. 2002. Pests of Stored Foodstuffs and their Control. Kluwer Academic Publishers. <http://site.ebrary.com/lib/pkamk/docDetail.action?docID=10067195&p00=drying%20fish> 5.3.2014.
- Kares, M & Linna, V. 1983. Polttohakkeen puhallinkuivatus pientaloissa ja maataloilla. Helsinki. Poly Kopio OY.
- Koskiniemi, E. Ala-Talkkari, H. Esala, J. Heikkilä, P. Huvinen, M. Koivisto, M. Kuronen, K. Piipari, P. Rintamaa, J. Törmä, J & Viirimäki, J. 2009. Viljankuivaus kotimaisella polttoaineella- opas. Sastamala. http://www.bioenergiatieto.fi/default/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=4550&name=file 3.4.2014.
- Leino, T. 2006. Staattisesti kuormitettujen hitsausliitosten suunnittelu. VTT. http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2006/HitsLiitSuunn_19-7-2006.pdf 16.4.2014.
- Lepola, P & Makkonen, M. 1998. Hitsaus ja teräsrakenteet. Porvoo. WSOY-kirjapainoyksikkö (s.243-249).

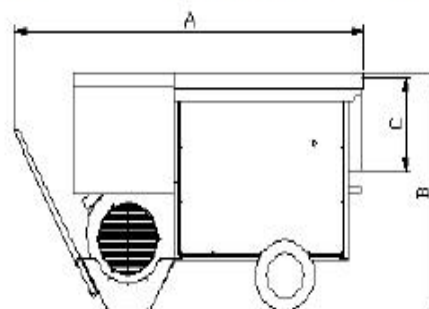
- Lyijynen, T., Randell, K., Hattula, T. & Ahvenainen, R. 1997. Kalateollisuuden hygienia- ja pakkausopas. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1997/T1847.pdf> 3.3.2014.
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus 1367/2011.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20111367> 8.4.2014.
- Malinen, H. 2014. Perustaja. H Malinen Kalatukku Oy. Yritysvierailu 2014.
- Noramaa OY. 2014. Perävaunutarvikkeet. Kaarina.
<http://www.noramaa.fi/files/699/peravaunutarvikkeet.pdf> 14.4.2014.
- Nupponen, E. 2014. Tuntiopettaja. Karelia- ammattikorkeakoulu. Suullinen keskustelu. 23.4.2014.
- Nylander, C.J. 2014. Toimitusjohtaja. Eswecom Oy. Suullinen haastattelu 2014.
- Outokumpu. 2014. http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Standard_Cr-Ni-Mo_Stainless_Steels_Datasheet.pdf 1.4.2014.
- Peter, E.D. 1998. Fish drying & smoking: Production and quality. CRC Press.
http://books.google.fi/books?id=_eATME6TvigC&printsec=frontcover&dq=fish+drying&hl=fi&sa=X&ei=oJsVU_HnOMaDywpUR4C4AQ&ved=0CC0Q6AEwAA#v=onepage&q=fish%20drying&f=false 4.3.2014.
- Pressure Drop. 2014. Pressure Drop online-calculator. <http://www.pressure-drop.com/> 22.4.2014.
- Pyhäjärvi-instituutti. 2014. Porkkanatiedosto. <http://www.pyhajarvi-instituutti.fi/porkkanatiedosto/porkkana/jalostus/index.html> 1.4.2014.
- Rahkio, M. & Mustalahti, S. 2012. Kalan käsittelyn riskit sisävesi- ja pienimuotoisen rannikkokalastuksen yhteydessä. Lihateollisuuden tutkimuskeskus.
http://www.sakl.fi/_doc/Kalan_kasittelyn_riskit.pdf 4.3.2014.
- Rantanen, R. 2014. Huoltopäällikkö. Puhelin keskustelu.
- Ruuvi. 2014. Tuotehaku. <http://www.ruuvi.net/index.php> 3.4.2014.
- Saarela, A-M. Hyvönen, P. Määttä, S. von Wright, A. Aho, J. Ahvenainen-Rantala, R. Halmetoja, K. Hannukainen, E. Helén, H. Hautaniemi, A. Huttunen, T. Häggman, M. Joutsen, M. Kriikku-Kalaja, K. Kallio, M. Lapveteläinen, A. Lastikka, L. Latva-Koivisto, J. Leino, P. Manninen, R. Martikainen, T. Matilainen, M. Muje, P. Mykkänen, H. Mäentausta, O. Niemistö, M. Niemelä, J. Niemelä, M. Paatero, E. Saikkonen, S. Saleva-Sjöblom, R. Tapaila, M. Vesala, K & Voutilainen, L. 2010. Elintarvikeprosessit. Kuopio. Savonia- ammattikorkeakoulu.
- Salmi, T & Pajunen, S. 2010. Lujuusoppi. Tampere. Klingendahl Paino Oy.
- Scandiccontainer. 2014. Erikoiskontit.
<http://www.scandiccontainer.fi/uploads/images/sahkoistetty-kontti-iso.jpg> 7.4.2014.
- Seppänen, O & Seppänen M. 1996. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Helsinki. Sisäilmayhdistys ry.
- Seppänen, O. 1988. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Rauma. LVI-Kustannus OY.
- Seppänen, O. 1995. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä. Suomen LVI-yhdistysten liitto ry.
- SFS 2373. 1980. Staattisesti kuormitettujen teräsrakenteiden hitsausliitosten mitoitus ja lujuuslaskenta. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
<http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/DownloadServlet?action=getFile&forContract=10219&productId=153292> 16.4.2014.

- SFS EN-1993-1-4. 2006. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-4: yleiset säännöt. Ruostumattomia teräksiä koskevat lisäsäännöt. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
<http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/DownloadServlet?action=getFile&productId=188664&forContract=10219> 14.4.2014.
- SFS EN-1993-1-8. 2005. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-8: Liitosten mitoitus. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
<http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/DownloadServlet?action=getFile&productId=185310&forContract=10219> 14.4.2014.
- Shippingcontainer24. 2014. 10' Shipping containers.
<http://www.shippingcontainers24.com/dimensions/10-foot/> 1.4.2014.
- Spinea. 2014. Tuotekuvasto. http://www.spinea.fi/terakset/pdf/spinea_varasto-ohjelmat_reikalevyt_nelio.pdf 24.4.2014.
- The Containerman. 2014. Refrigerated storage.
<http://www.thecontainerman.co.uk/refrigerated-containers.html> 4.4.2014.
- Thermox TB 55/100 käyttöohjekirja. 2007. Doka Finland OY.
<http://arkiv.maskin.skanska.se/Dokumenthantering/Bruksanv/561105-80.pdf> 5.4.2014.
- Tilastokeskus. 2012. Energiatilasto. Helsinki.
http://www.stat.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuluettelo/yene_enev_201100_2012_6164_net.pdf 15.4.2014.
- Tuomaala, J. 1995. Luova koneensuunnittelu. Tampere. Tammertekniikka ky. Valtanen, E. 2010. Tekniikan taulukkokirja. Mikkeli. Genesis- Kirjat OY.
- Valtioneuvoston asetus 85/2006. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060085> 5.4.2014.
- Valtioneuvoston päätös 993/1992. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993> 24.4.2014.
- Vinha, J. Valovirta, I. Korpi, M. Mikkilä, A & Käkelä, P. 2005. Rakennusmateriaalien rakennusfysikaaliset ominaisuudet lämpötilan ja suhteellisen kosteuden funktiona. Tampere. Tampereen Teknillinen yliopisto.
http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/16493/vinha_rakennusmateriaalien_rakennusfysikaaliset_ominaisuudet.pdf?sequence=1 11.4.2014.
- Wurth. 2014. Tuotekuvasto.
<http://www.wurth.fi/site/media/pdf/tuotekuvasto/tuotteet/kiinnitystarvikkeet/W-Ruuvit.pdf> 15.4.2014.

Mepun EKI 120s tekniset tiedot



Siirrettävä lämmitin	Mobile heater	EKI	S
----------------------	---------------	-----	---



No	Nimitys	Description	Type	60s	120s
		A	(mm)	1750	1955
		B	(mm)	1000	1115
		C	(mm)	395	395
	Lämmitystilavuus	Heating capacity	[kW]	80	120
	Puhallin	Fan	[kW]	0,7	0,9
	Ilman tilavuusvirta	Air volume flow	[m³/h]	3000	6000
	Suutin	Nozzle	[gal]	1	2
	Öljyn kulutus	Oil consumption	[l/h]	2,3-5,0	3,5-10,0
	Sähköteho	Total electric power	[kW]	0,45	1,20
	Kokonaisvirta	Total current	[A]	10	10
	Öljyn kulutus	Oil consumption	[l/h]	2,3-5,0	3,5-10,0
	Nimellisjännite	Nominal voltage	V	400	400
	Max. Jänniteenvaihtelu	Max.voltage variation	%	4	4
	Nimellistaajuus	Nominal frequency	Hz	50	50

Muut	Others
4.1	Siirrettävä lämmitin Mobile heater EKI S

Vakiotoimitussisältö Standard delivery

No	Nimitys	Description	Eki 60s	Eki 120s
	Lämmitin	Heater	+	+
	Puhallin	Fan	DD10/10	DD12/12
	Poltin	Burner	JR Pro2 J50 Arctic	KP6 Arctic
	Ohjauskeskus	Control box	TB 55/ 110	TB 55/ 110
	Öljyletkuasetelma	Oil hose set	+	+
D00264	Käyttöohje	Operation Guide	+	-
D00265	Käyttöohje	Operation Guide	-	+

Veden höyrystymisenergian tarkat arvot

Lämpötila °C	Höyryn paine kPa	Höyryn ominaistilavuus m³/kg	Jään ja veden entalpia kJ/kg	Höyryn entalpia kJ/kg
-20	0,10326	1131,3	-374,1	2463,9
-15	0,16530	720,6	-364,2	2473,2
-10	0,25991	467,0	-354,12	2482,4
-5	0,40178	307,9	-343,9	2491,6
-0	0,6112	206,2	333,4	2500,8
+0	0,6112	206,1	-0,04	2500,8
+5	0,8725	147,0	21,02	2510,0
+10	1,2280	106,3	42,01	2519,1
+15	1,7055	77,90	62,97	2528,3
+20	2,3389	57,77	83,90	2537,4
+25	3,1693	43,35	104,81	2546,4
+30	4,2462	32,89	125,72	2555,5
+35	5,6280	25,21	146,62	2564,5
+40	7,3838	19,52	167,52	2573,5
+45	9,5935	15,27	188,42	2582,4
+50	12,3505	12,03	209,33	2591,3

Haponkestävän teräksen myötöraja

2 Standard Cr-Ni-Mo Stainless Steels



Mechanical properties

Outokumpu Stainless uses the European Standard EN10088 where applicable. The permitted design values may vary between product forms, see the specification in question for the correct value.

The values in Table 2 and 3 refer to hot rolled plate/cold rolled strip and sheet. For hot rolled strip, the proof strength corresponds to that of hot rolled plate, and the tensile strength and elongation to that of cold rolled strip.

Mechanical properties. Hot rolled plate/cold rolled strip and sheet, minimum values at 20°C

Table 2

Steel grade	Proof strength		Tensile strength	Elongation	Impact value
	R _{p0.2} MPa	R _{p1.0} MPa	R _m MPa	A ₅ %	KV J
4401	220/240	260/270	520/530	45/40	60
4404	220/240	260/270	520/530	45/40	60
4436	220/240	260/270	530/550	40/40	60
4432	220/240	260/270	520/550	45/40	60
4406	280/300	320/330	580/580	40/40	60
4429	280/300	320/330	580/580	40/35	60
4571	220/240	260/270	520/540	40/40	60
4435	220/240	260/270	520/550	45/40	60

Haponkestävän teräksen tekniset tiedot



Technical Specifications of AISI316

Material Description	Stainless Steel DIN 1.4401
DIN Specifications	DIN 1.4401, DIN 2463, DIN 17451
Specifications Equity	AISI 316, UNS S31600

Composition % per weight

Element	%	Notes
C	Max 0.08	
Cr	Max 18	
Ni	10 – 14	
Fe	62	
Mn	Max 2	
P	Max 0.045	
S	Max 0.03	
Si	Max 1	
Mo	Max 3	

Physical Properties

Description	Value	Notes
Density	8 gr/cm ³	
Hardness	95 HRB	
Hardness (annealed)	82 HRB	1100 °C, Cool rapidly

Mechanical Properties

Description	Value	Notes
Elastic Modulus	193 GPa	
Elongation % (break point)	50%	At 50 mm
Shear Modulus	86 GPa	

Main Characteristics

In atmospheric conditions stainless steel DIN 1.4401 has excellent resistance in rusting even with the presence of acids like nitric acid. The material has excellent resistance in alkaline solutions as well as organic and inorganic salts. In general this material is highly resistant to corrosion in atmosphere even in high salt spray like marine

Polyamidin tekniset tiedot**Koneenrakennusmuovit****Polyamidi (PA, Nailon)****Levyt Ertalon 6SA**

Luonnonvalkoinen

Suulakepuristettu yleislaatu. Hyvä kulutuskestävyys, hyvä iskusitkeys
ja liukuominaisuudet

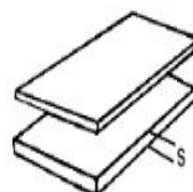
Käyttölämpötila. -40...+80°C

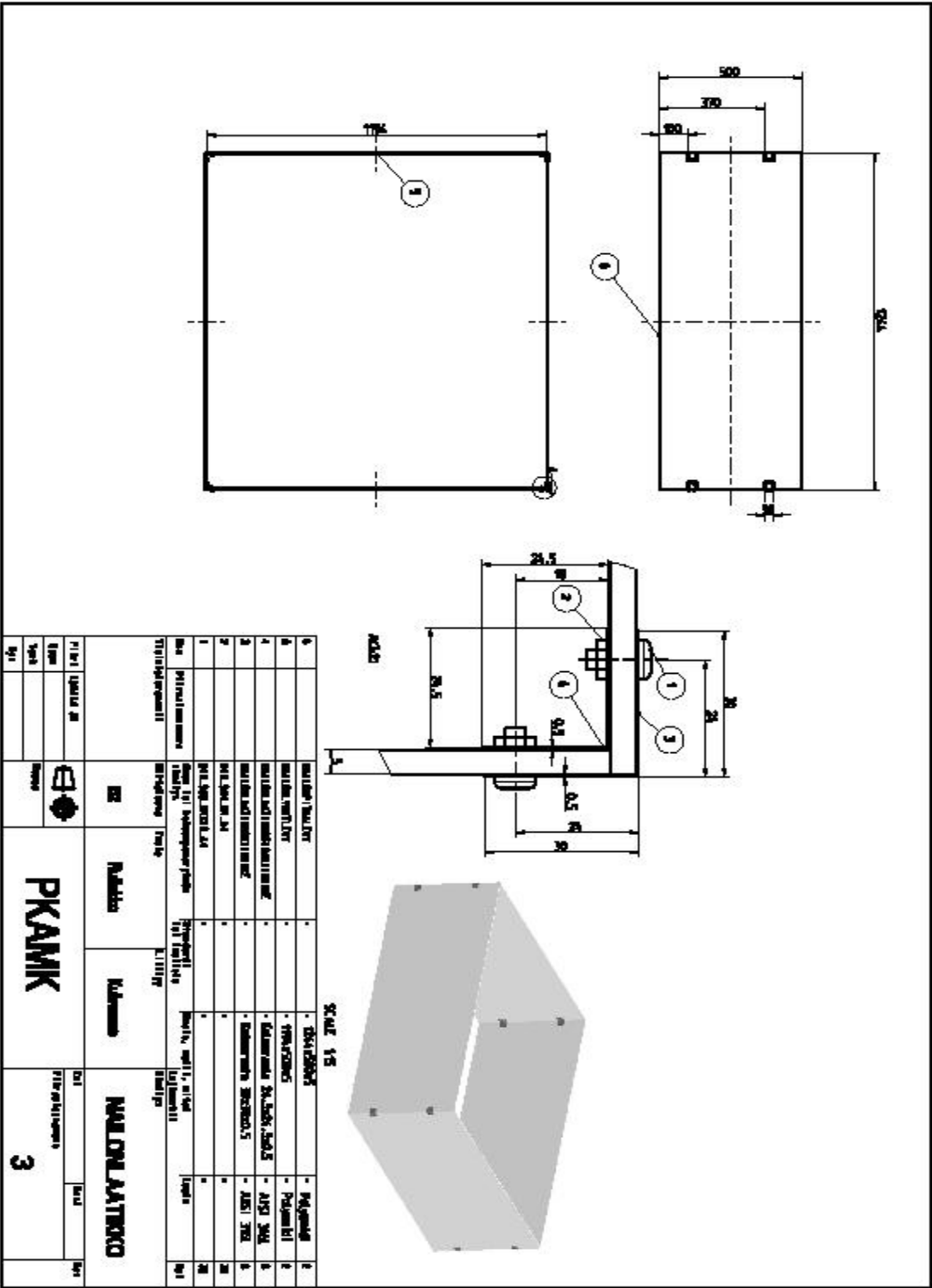
Tiheys g/cm³: 1,14

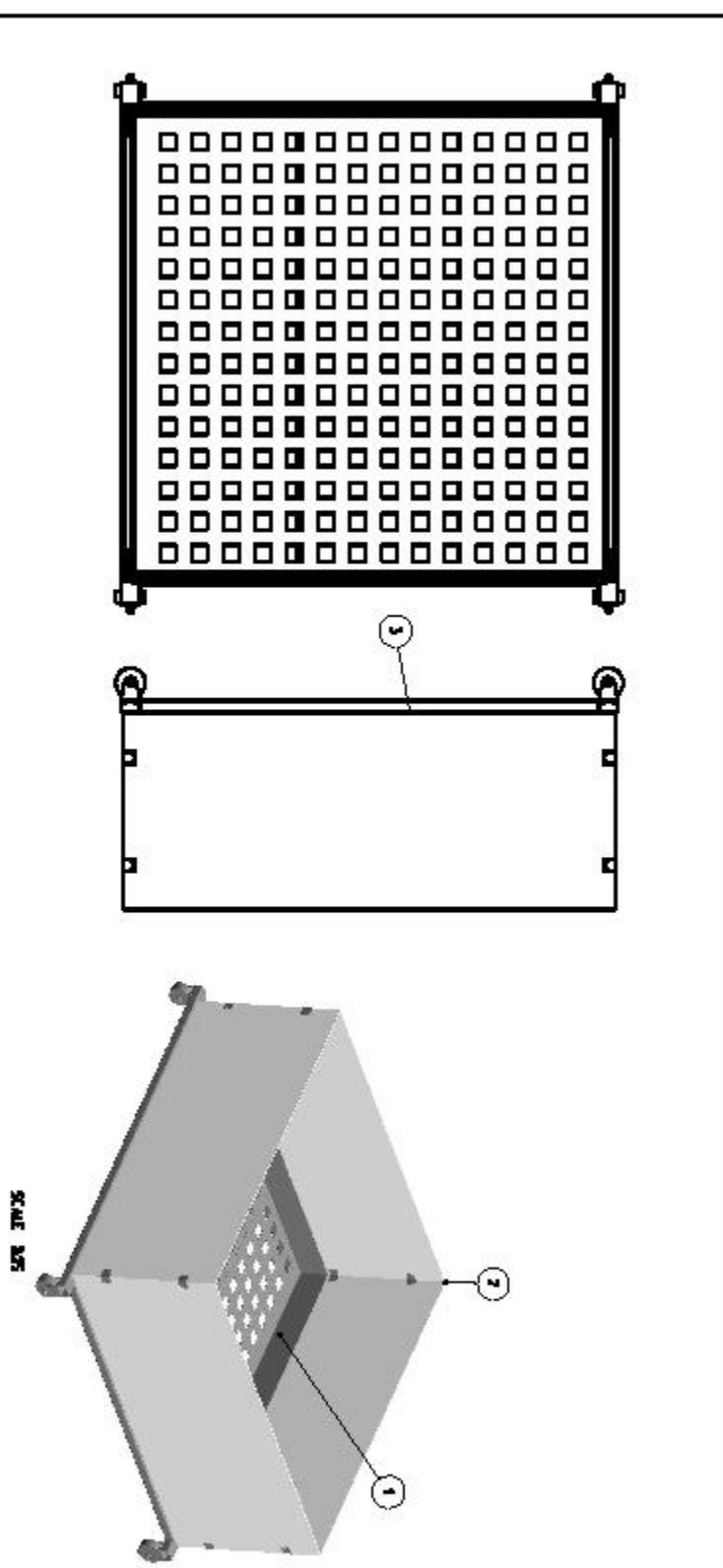
Kitkakerroin: 0,25

Käyttökohteet: Koneenrakennus, ohjaimet, kulutuslevyt

Tehdastoimituksena muita kokoja s=100 asti, myös mustana







3		Politeknik Negeri	-	-	-	-
2		Universitas	-	-	-	-
1		Universitas	-	-	-	-
0		Universitas	-	-	-	-
1		Universitas	-	-	-	-
2		Universitas	-	-	-	-
3		Universitas	-	-	-	-
4		Universitas	-	-	-	-
5		Universitas	-	-	-	-
6		Universitas	-	-	-	-
7		Universitas	-	-	-	-
8		Universitas	-	-	-	-
9		Universitas	-	-	-	-
10		Universitas	-	-	-	-
11		Universitas	-	-	-	-
12		Universitas	-	-	-	-
13		Universitas	-	-	-	-
14		Universitas	-	-	-	-
15		Universitas	-	-	-	-
16		Universitas	-	-	-	-
17		Universitas	-	-	-	-
18		Universitas	-	-	-	-
19		Universitas	-	-	-	-
20		Universitas	-	-	-	-
21		Universitas	-	-	-	-
22		Universitas	-	-	-	-
23		Universitas	-	-	-	-
24		Universitas	-	-	-	-
25		Universitas	-	-	-	-
26		Universitas	-	-	-	-
27		Universitas	-	-	-	-
28		Universitas	-	-	-	-
29		Universitas	-	-	-	-
30		Universitas	-	-	-	-
31		Universitas	-	-	-	-
32		Universitas	-	-	-	-
33		Universitas	-	-	-	-
34		Universitas	-	-	-	-
35		Universitas	-	-	-	-
36		Universitas	-	-	-	-
37		Universitas	-	-	-	-
38		Universitas	-	-	-	-
39		Universitas	-	-	-	-
40		Universitas	-	-	-	-
41		Universitas	-	-	-	-
42		Universitas	-	-	-	-
43		Universitas	-	-	-	-
44		Universitas	-	-	-	-
45		Universitas	-	-	-	-
46		Universitas	-	-	-	-
47		Universitas	-	-	-	-
48		Universitas	-	-	-	-
49		Universitas	-	-	-	-
50		Universitas	-	-	-	-
51		Universitas	-	-	-	-
52		Universitas	-	-	-	-
53		Universitas	-	-	-	-
54		Universitas	-	-	-	-
55		Universitas	-	-	-	-
56		Universitas	-	-	-	-
57		Universitas	-	-	-	-
58		Universitas	-	-	-	-
59		Universitas	-	-	-	-
60		Universitas	-	-	-	-
61		Universitas	-	-	-	-
62		Universitas	-	-	-	-
63		Universitas	-	-	-	-
64		Universitas	-	-	-	-
65		Universitas	-	-	-	-
66		Universitas	-	-	-	-
67		Universitas	-	-	-	-
68		Universitas	-	-	-	-
69		Universitas	-	-	-	-
70		Universitas	-	-	-	-
71		Universitas	-	-	-	-
72		Universitas	-	-	-	-
73		Universitas	-	-	-	-
74		Universitas	-	-	-	-
75		Universitas	-	-	-	-
76		Universitas	-	-	-	-
77		Universitas	-	-	-	-
78		Universitas	-	-	-	-
79		Universitas	-	-	-	-
80		Universitas	-	-	-	-
81		Universitas	-	-	-	-
82		Universitas	-	-	-	-
83		Universitas	-	-	-	-
84		Universitas	-	-	-	-
85		Universitas	-	-	-	-
86		Universitas	-	-	-	-
87		Universitas	-	-	-	-
88		Universitas	-	-	-	-
89		Universitas	-	-	-	-
90		Universitas	-	-	-	-
91		Universitas	-	-	-	-
92		Universitas	-	-	-	-
93		Universitas	-	-	-	-
94		Universitas	-	-	-	-
95		Universitas	-	-	-	-
96		Universitas	-	-	-	-
97		Universitas	-	-	-	-
98		Universitas	-	-	-	-
99		Universitas	-	-	-	-
100		Universitas	-	-	-	-

